

© EPODOC / EPO

PN - JP2000208845 A 20000728  
PD - 2000-07-28  
PR - JP20000032868 20000101  
OPD - 2000-01-01  
TI - OPTICAL FIBER AMPLIFIER  
IN - NAKAGAWA EIICHI  
PA - MITSUBISHI ELECTRIC CORP  
IC - H01S3/10 ; H04B10/17 ; H04B10/16

© WPI / DERWENT

TI - Optical fiber amplifier has filter that divides light from branching device into signal light component and other components, which are respectively received by separate receivers

PR - JP19930153323 19930624;JP20000032868 19930624

PN - JP2000208845 A 20000728 DW200108 H01S3/10 025pp

PA - (MITQ ) MITSUBISHI ELECTRIC CORP

IC - H01S3/10 ;H04B10/16 ;H04B10/17

AB - JP2000208845 NOVELTY - A branching device (8b) divides the optical power from a rare earth elements doped optical fiber (4c). A filter (11) again divides the light from branching device so as to attain the signal light wavelength components and other components. The signal light wavelength components and other components are respectively received by receivers (9b,9c).

- USE - For amplifying the signal light by optical fiber amplifier.
- ADVANTAGE - Since degradation of noise characteristic is prevented, reduction in maximum output and degradation of signal transmission quality are suppressed.
- DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the block diagram of optical fiber amplifier.
  - Optical fiber 4c
  - Branching device 8b
  - Receivers 9b,9c
  - Filter 11
  - (Dwg.3/18)

OPD - 1993-06-24

AN - 2001-064675 [08]

© PAJ / JPO

PN - JP2000208845 A 20000728

**This Page Blank (uspto)**

- PD - 2000-07-28
- AP - JP20000032868 19930624
- IN - NAKAGAWA EIICHI
- PA - MITSUBISHI ELECTRIC CORP
- TI - OPTICAL FIBER AMPLIFIER
- AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical fiber amplifier which can be prevented from deteriorating in noise characteristics, signal light maximum output, and signal transfer quality.  
- SOLUTION: Signal light inputted into a rare earth element-doped fiber 4c through a signal light terminal 1 through the intermediary of an isolator 5a and an optical multiplexer/branching filter 3a is branched off by a branching device 8b. Output light from the output terminal 82b of the branching device 8b is outputted through a signal light output terminal 6 passing through an isolator 5b, so that the rare earth element-doped fiber 4c is not affected by a reflected light. Output light outputted through the output terminal 84b of the optical branching device 8b is separated by an optical wavelength filter 11 into a signal light wavelength component and the residual component, and the signal light wavelength component and the residual component are each inputted into photodetectors 9b and 9c. An input level of signal light inputted to the rare earth element-doped fiber 4c is obtained by the a signal light output level and an ASE light (spontaneous emission light) level outputted from the photodetectors 9b and 9c.
- I - H01S3/10 ;H04B10/17 ;H04B10/16

***This Page Blank (uspto)***

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-208845  
(P2000-208845A)

(43) 公開日 平成12年7月28日 (2000.7.28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 1 S 3/10		H 0 1 S 3/10	Z
H 0 4 B 10/17		H 0 4 B 9/00	J
10/16			

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2000-32868(P2000-32868)  
(62) 分割の表示 特願平5-153323の分割  
(22) 出願日 平成5年6月24日(1993.6.24)

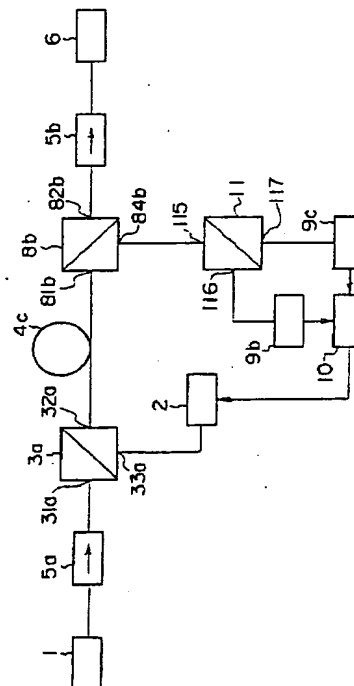
(71) 出願人 000006013  
三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
(72) 発明者 仲川 栄一  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
(74) 代理人 100075258  
弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバ増幅器

(57) 【要約】

【課題】 雑音特性の劣化、信号光最大出力の低下の抑制及び信号伝送品質の劣化が生じない光ファイバ増幅器を得る。

【解決手段】 アイソレータ5a、光合成分波器3aを介して希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力された信号光端子1からの信号光は、光分岐器8bによって分岐される。光分岐器8bの出力端子82bからの出力光は、アイソレータ5bを透過して信号光出力端子6から出力されるので、希土類元素ドープ光ファイバ4cが反射光により影響を受けないようにしている。光波長フィルタ11は、光分岐器8bの出力端子84bからの出力光を信号光波長成分とそれ以外に分離して受光器9b、9cにそれぞれ出力する。各受光器9b、9cから出力される信号光出力レベルとASE光レベルにより希土類元素ドープ光ファイバ4cへの信号光入力レベルを得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 励起光の照射により信号光を増幅する希土類元素を光ファイバにドープした希土類元素ドープ光ファイバと、

前記希土類元素ドープ光ファイバの光出力を分岐する光分岐器と、

前記光分岐器の分岐出力光を信号光波長成分と信号光波長以外の波長成分に分岐する光波長フィルタと、

前記光波長フィルタより出力された信号光波長成分を受光する第1の受光器と、

前記光波長フィルタより出力された信号光波長以外の波長成分を受光する第2の受光器を備えたことを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項2】 前記第1の受光器および第2の受光器の出力レベルから信号光入力レベルの正常／異常および希土類元素のドープ光ファイバ利得の正常／異常を判定する回路を備えたことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ増幅器。

【請求項3】 信号光入力端子と、

励起光の照射により信号光を増幅する希土類元素を光ファイバにドープした希土類元素ドープ光ファイバと、

4つの端子を有し第1の端子から入力した光は第2の端子と第4の端子とに分岐出力され第2の端子から入力した光は第1の端子と第3の端子とに分岐出力される光分岐器と、

信号光波長成分を除去する光波長フィルタと、

第1及び第2の受光器と、

を有し、

前記信号光入力端子を前記光分岐器の第1の端子に接続し、

前記光分岐器の第4の端子を前記第1の受光器に接続し、

前記光分岐器の第2の端子を前記希土類元素ドープ光ファイバの入力端子に接続し、

前記光分岐器の第3の端子を前記光波長フィルタの入力端子に接続し、

前記光波長フィルタの出力端子を前記第2の受光器に接続したことを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項4】 信号光入力端子と、

励起光の照射により信号光を増幅する希土類元素を光ファイバにドープした希土類元素ドープ光ファイバと、

信号光を2分岐する光分岐器と、

少なくとも3つの端子を有し第1の端子から入力した光は第2の端子から出力され第2の端子から入力した光は第3の端子から出力される光サーキュレータと、

信号光波長成分を除去する光波長フィルタと、

第1及び第2の受光器と、

を有し、

前記信号光入力端子を前記光分岐器の入力端子に接続し、

前記光分岐器の第1の出力端子を前記光サーキュレータの第1の端子に接続し、

前記光分岐器の第2の出力端子を前記第1の受光器に接続し、

前記光サーキュレータの第2の端子を前記希土類元素ドープ光ファイバの入力端子に接続し、

前記光サーキュレータの第3の端子を前記光波長フィルタの入力端子に接続し、

前記光波長フィルタの出力端子を前記第2の受光器に接続したことを特徴とする光ファイバ増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、希土類元素ドープ光ファイバに信号光及び励起光を入射して信号光を増幅する光ファイバ増幅器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】以下に第1の従来技術を示す。

【0003】図14は文献「Efficient erbium-doped fibre amplifier with an integral isolator」, Michael N. Zervas, Richard I. Laming, David N. Payne 著162～165頁に記載された第1の従来の光ファイバ増幅器のブロック構成図である。図において、1は信号光入力端子、2は励起光源、3aは第1の光合分波器、31aは第1の光合分波器3aの第1の端子、32aは第1の光合分波器3aの第2の端子、33aは第1の光合分波器3aの第3の端子、34aは第1の光合分波器3aの第4の端子、4aは第1の希土類元素ドープ光ファイバ、3bは第2の光合分波器、31bは第2の光合分波器3bの第1の端子、32bは第2の光合分波器3bの第2の端子、33bは第2の光合分波器3bの第3の端子、34bは第2の光合分波器3bの第4の端子、5aは光アイソレータ、3cは第3の光合分波器、31cは第3の光合分波器3cの第1の端子、32cは第3の光合分波器3cの第2の端子、33cは第3の光合分波器3cの第3の端子、34cは第3の光合分波器3cの第4の端子、4bは第2の希土類元素ドープ光ファイバ、6は信号光出力端子、7aは第1の無反射終端、7bは第2の無反射終端、7cは第3の無反射終端である。

【0004】次に動作について説明する。

【0005】第1の光合分波器3aは、第1の端子31aと第2の端子32a間、および、第3の端子33aと第4の端子34a間で、信号光を透過する。また、第1の端子31aと第4の端子34a間、および、第2の端子32aと第3の端子33a間で、励起光を透過する。また、第2の光合分波器3bおよび第3の光合分波器3cの動作は、上記の第1の光合分波器3aの動作と同様である。

【0006】信号光入力端子1より入力された信号光は、第1の光合分波器3aの第1の端子31aと第2の端子32a間を透過し、第1の希土類元素ドープ光ファ

イバ4 aに入力される。励起光源2より出力された励起光は、第1の光合分波器3 aの第3の端子3 3 aと第2の端子3 2 a間を透過した後、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aに入力される。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 a中の希土類元素により励起光が吸収され、吸収されたエネルギーによって信号光が増幅される。

【0007】第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 a中で増幅され出力された信号光は、第2の光合分波器3 bの第1の端子3 1 bと第2の端子3 2 b間を透過し、光アイソレータ5 aを透過し、第3の光合分波器3 cの第1の端子3 1 cと第2の端子3 2 c間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bに入力される。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 a中で消費されずに出力された励起光は、第2の光合分波器3 bの第1の端子3 1 bと第3の端子3 3 b間を透過し、第3の光合分波器3 cの第4の端子3 4 cと第2の端子3 2 cを透過した後、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bに入力される。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 b中希土類元素により励起光が吸収され、吸収されたエネルギーによって信号光が増幅される。

【0008】増幅された光信号は、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bから出力され、信号光出力端子6から出力される。

【0009】第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aおよび第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bの中では、増幅された自然放出光(ASE光)が発生する。上記ASE光は、信号光波長を概中心として広い波長範囲の成分を持ち、希土類元素ドープ光ファイバ中で両方向に進行する成分を持つ。

【0010】光アイソレータ5 aは、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aおよび第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bの中で発生したASE光が発振することを防止している。同時に光アイソレータ5 aは、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bの中で発生し信号光と逆方向に進行するASE光が、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aに流入するのを防止している。これは、上記ASE光が第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aに流入した場合、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aの中の励起光を吸収して得たエネルギーが、ASE光の増幅に消費されて信号光の増幅特性が劣化するためである。

【0011】通常光アイソレータ5 aの透過波長は信号光波長に合わせて設定するため、信号光波長における損失は小さい。しかし、特に信号光波長と励起光波長の差が大きい場合は、励起光波長における光アイソレータ5 aの損失が大きくなる。このため、上記第1の従来例においては励起光は第2の光合分波器3 bおよび第3の光合分波器3 cにより光アイソレータ5 aを迂回して、光アイソレータ5 aによる損失を回避している。

【0012】しかし、第2の光合分波器3 bおよび第3

の光合分波器3 cの損失による励起光の減衰は生じる。通常、この2台の光合分波器の損失は合計で0.5 dB〜1 dB程度である。

【0013】無反射終端7 a〜7 cは、信号光あるいはASE光の反射による発振を防止するためのもので、光ファイバの端面を斜めに研磨することにより実現できる。

【0014】光ファイバ増幅器においても、一般的な電気の増幅器と同様に、2段形にした構成では前段を雑音指数の低い増幅器にし後段を出力の高い増幅器にすることが総合的な特性向上につながる。

【0015】上記第1の従来例では、希土類元素ドープ光ファイバへの励起光入力方向を信号光進行方向と同方向にしているため、希土類元素ドープ光ファイバ中では信号光入力側に近いほど励起光強度が強い。励起光強度が強いほど利得が大きく最大光出力が高く低雑音になるため、信号光入力側に近いほど低雑音になり、全体としては低雑音な光ファイバ増幅器が得られる。

【0016】図15は、電子情報通信学会技術研究報告、Vol. 90, No. 155, OCS90-23、「Erドープ光ファイバ増幅器」に記載された第2の従来の光ファイバ増幅器のブロック構成図である。なお、上記第1の従来例と同様の要素には同じ符号を付ける。以下の従来例についても同様とする。

【0017】上記第2の従来例では、希土類元素ドープ光ファイバ4 cへの励起光入力方向を信号光進行方向と逆方向にしているため、希土類元素ドープ光ファイバ4 c中では信号光出力側に近いほど励起光強度が強く、全体としては高出力な光ファイバ増幅器が得られる。

【0018】なお、上記第2の従来例では希土類元素ドープ光ファイバ4 cが1段のみの場合が記載されているが、第1の従来例と同様に2段形にした場合でも信号光進行方向と逆方向から励起光を入力することにより高出力な光ファイバ増幅器が得られる。

【0019】図16は特開平3-127885号公報に記載された第3の従来の光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【0020】上記第3の従来例では、希土類元素ドープ光ファイバ4 cの信号光進行方向と同方向から励起光を入力するとともに、希土類元素ドープ光ファイバ4 cの信号光進行方向と逆方向から別の励起光源2 bにより励起光を入力している。この場合、希土類元素ドープ光ファイバ4 c中において信号光入力側と信号光出力側の両端に近いほど励起光強度が強く、全体として低雑音でかつ高出力な光ファイバ増幅器が得られる。

【0021】なお、上記第3の従来例では希土類元素ドープ光ファイバ4 cが1段のみの場合が記載されているが、第1の従来例と同様に2段形にした場合でも両方向から励起光を入力することにより低雑音でかつ高出力な光ファイバ増幅器が得られる。

【0022】以下に第2の従来技術を示す。

【0023】光ファイバ増幅器を実際の伝送系で使用する場合、安定な動作状態を得るために、光ファイバ増幅器の入力レベルおよび出力レベルをモニタして適正な利得を得るように制御することが必要となる。

【0024】図17は、電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 91, No. 282, OCS91-32, 「ファイバ側面からの自然放光の検出によるEDFA」に記載された第4の従来の光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【0025】図において、8aは第1の光分岐器、81aは第1の光分岐器8aの入力端子、82aは第1の光分岐器8aの第1の出力端子、84aは第1の光分岐器8aの第2の出力端子、8bは第2の光分岐器、81bは第2の光分岐器8bの入力端子、82bは第2の光分岐器8bの第1の出力端子、84bは第2の光分岐器8bの第2の出力端子、9aは第1の受光器、9bは第2の受光器、10は励起光源制御回路である。

【0026】次に動作について説明する。信号光入力端子1より入力された信号光は、第1の光分岐器8aの入力端子81aに入力される。第1の光分岐器8aに入力された信号光は、大部分が第1の出力端子82aから出力され、一部が第2の出力端子84aから出力される。一般的には、第1の出力端子82aからの出力と第2の出力端子84aからの出力の比は10dB程度に設定される。したがって、第1の光分岐器8aの入力端子81aと第1の出力端子82a間の損失は、分岐損失だけで約0.5dB生じる。通常は上記分岐損失に過剰損失が加わり、挿入損失として0.5dB～1dB程度になる。

【0027】第1の光分岐器8aの第2の出力端子84aからの出力は、第1の光受光器9aで受光され、入力信号レベルのモニタとして励起光源制御回路10に伝達される。

【0028】第1の光分岐器8aの第1の出力端子82aからの出力は、光合分波器3aの第1の端子31aと第2の端子32aの間を透過し、第1の光アイソレータ5bを透過し、希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力される。励起光源2より出力された励起光は、光合分波器3aの第3の端子33aと第2の端子32a間を透過し、第1の光アイソレータ5bを透過し、希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力される。希土類元素ドープ光ファイバ4cの中の希土類元素により励起光が吸収され、吸収されたエネルギーによって信号光が増幅される。

【0029】希土類元素ドープ光ファイバ4cの中で増幅され出力された信号光は、第2の光分岐器8bの入力端子81bに入力される。第2の光分岐器8bに入力された信号光は、大部分が第1の出力端子82bから出力され、一部が第2の出力端子84bから出力される。

【0030】第2の光分岐器8bの第1の出力端子82

bから出力された信号光は、第2の光アイソレータ5cを透過し、信号光出力端子6から出力される。

【0031】第2の光分岐器8bの第2の端子84bから出力された信号光は、第2の受光器9bで受光され、出力信号レベルのモニタとして励起制御回路10に伝達される。

【0032】第1の光アイソレータ5bは、希土類元素ドープ光ファイバ4cの中で発生した信号光と逆方向に進行するASE光が、一旦信号光入力端子1から入力側に接続された伝送路ファイバ中に出力された後、伝送路ファイバ中のレイリー散乱による反射により希土類元素ドープ光ファイバ4cに再入力されて増幅特性が劣化するのを防止している。第1の光分岐器8aおよび光合分波器3aの内部反射率は通常-50dB程度と微弱であるため、第1の光アイソレータ5bの位置は、第1の光分岐器8aと光合分波器3aの間、もしくは信号光入力端子1と第1の光分岐器8aの間であって構わない。

【0033】第2の光アイソレータ5cは、希土類元素ドープ光ファイバ4cの中で増幅された信号光および希土類元素ドープ光ファイバ4cの中で発生し信号光と同方向に進行するASE光が、一旦信号光出力端子6から出力側に接続された伝送路ファイバ中に出力された後、伝送路ファイバ中のレイリー散乱反射によって再び希土類元素ドープ光ファイバ4cに流入して増幅特性を劣化させるのを防止している。第2の光分岐器8bの内部反射率は通常-50dB程度の無視できる大きさであるため、第2の光アイソレータ5cの位置は、希土類元素ドープ光ファイバ4cと第2の光分岐器8bの間であって構わない。

【0034】励起光源制御回路10は、入力レベルおよび出力レベルのモニタを基に、希土類元素ドープ光ファイバ4cの利得が適切な大きさになるように、励起光源2に流す電流を制御することにより、安定な動作が可能な光ファイバ増幅器が得られる。

【0035】上記のように、入力レベルおよび出力レベルのモニタは、光ファイバ増幅器を安定な状態で動作させるために必要であるが、モニタ用の光分岐器の挿入損失により、光ファイバ増幅器の特性が劣化する。入力レベルのモニタ用の光分岐器は希土類元素ドープ光ファイバ4cの信号入力側に接続されるが、光分岐器の挿入損失だけ雑音特性が劣化する。また、出力レベルのモニタ用の光分岐器は希土類元素ドープ光ファイバの信号出力側に接続されるが、光分岐器の挿入損失分だけ最大光出力が低下する。

【0036】上記第4の従来例においては、光ファイバ増幅器を安定に動作させるために、光ファイバ増幅器の入力レベルおよび出力レベルをモニタして適正な利得を得るように制御する例について示した。

【0037】光ファイバ増幅器の入力レベルおよび出力レベルをモニタして信号入力側伝送路の断線などによる



入力異常の判定、あるいは希土類元素ドープ光ファイバの利得低下などの異常の判定を行う場合についても、同様にモニタ用の光分岐器の挿入損失により光ファイバ増幅器の特性が劣化する。

【0038】上記第4の従来例の課題に対して、雑音特性の劣化を回避するため、希土類元素ドープ光ファイバ中で発生するASE光レベルの変化を利用して入力レベルのモニタを不要にした従来例がある。

【0039】図18は特開平4-241328号公報に記載された第5の従来の光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【0040】図において、100は光増幅装置、101は光増幅器、102は入力信号光、103は増幅器出力光、104は狭帯域光フィルタ、105は反射光、106は光分岐ミラー、107は受光器、108は透過光、109は光分岐ミラー、110は分岐光、111は受光器、112は出力信号光、113は制御回路である。次に動作について説明する。光増幅器101から出力された増幅器出力光103には、信号光成分とASE光成分が含まれている。このうち信号光波長成分は狭帯域光フィルタ104を透過し、光分岐ミラー109により一部が分岐され、受光器111で受光され、出力モニタとして制御回路113が伝達される。

【0041】信号光波長以外の波長成分、すなわちASE光成分は狭帯域光フィルタ104で反射され、光分岐ミラー106で折り返された後、受光器107で受光される。

【0042】信号入力が大きくなると、増幅器出力光103のうち信号光成分は増加するがASE光成分は減少するため、受光器111のレベルは上がるが受光器107のレベルは下がる。逆に信号入力小さくなると、増幅器出力光103のうち信号成分は減少するがASE光成分は増加するため、受光器111のレベルは下がるが受光器107のレベルは上がる。これにより、信号入力レベルに対すると受光器111のレベルと受光器107レベルの比の関係をあらかじめ把握しておくことにより、入力された信号光を分岐して受光することなく信号入力レベルをモニタすることが可能である。

【0043】このため、入力レベルをモニタするための光分岐器を設けた場合に生じる、光分岐器の挿入損失による雑音特性の劣化を回避できる。

【0044】以下に第3の従来技術を示す。

【0045】光ファイバ増幅器の増幅特性の主たる評価項目は、電気の増幅器と同様に利得（出力）と雑音指数である。利得と雑音指数の測定方法に関する第6の従来例として、例えば、電子情報通信学会技術研究報告、V o 1. 90, No. 206, OQ E 90-80、「光ファイバ増幅モジュール」に記載がある。

【0046】光ファイバ増幅器の利得は、入力信号光レベルと出力信号光レベルをそれぞれ光スペクトラムアナライザで測定し比較することによって算出する。

ライザで測定し比較することによって算出する。

【0047】雑音指数は希土類元素ドープ光ファイバの中で発生したASE光の、信号光波長と同一波長での光ファイバレベルを光スペクトラムアナライザで測定することにより計算することができる。しかし、光スペクトラムアナライザでは信号光成分とASE光成分を分離できないため、信号光と同一波長でのASE光レベルは測定できない。このため、信号光波長から十分に離れた波長でのASE光レベルをもとに、信号光と同一波長でのASE光レベルを推定する方法が用いられるが、この方法では信号光と同一波長でのASE光レベルを精度良く推定することは困難であり、雑音指数を精度良く測定できない。

【0048】上記の課題に対する第7の従来例として、1992年電子情報通信学会秋季大会講演論文集、分冊4、C-268、「増幅用光ファイバの高精度雑音指数測定方の検討」に記載がある。

【0049】上記第7の従来例の方法は、希土類元素のドープ光ファイバの出力光のうち信号光と同一の偏光成分を位相補償器と偏光子の組み合わせによって除去したのちに、光スペクトラムアナライザで測定することにより、光スペクトラムアナライザに入力される信号光波長成分を除去（抑圧）し、信号光波長により近い波長でのASE光レベルを信号光と同一波長でのASE光レベルの推定に用いることを可能にするものである。

【0050】また、第8の従来例として、「1992年電子情報通信学会秋季大会、C-269」の記載がある。

【0051】上記第8の従来例によれば、希土類元素ドープ光ファイバの出力光を光スペクトラムアナライザで測定した結果から、入力信号光と同一の光スペクトラムを差し引くことにより、信号光成分とASE光成分を分離する方法が示されている。

【0052】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記に示す第4の従来例によれば、光ファイバ増幅器の動作状態を安定に制御するために入力信号光レベルと出力信号光レベルをモニタする際に、入力信号光レベルをモニタするための光分岐器を希土類元素ドープ光ファイバの信号光入力側に設けることにより雑音特性が劣化してしまうという第1の課題があったとともに、出力信号光レベルをモニタするための光分岐器を希土類元素ドープ光ファイバの信号光出力側に設けることにより信号光最大出力が低下してしまうという第2の課題があった。

【0053】また、光ファイバ増幅器への信号光入力の正常／異常判定と光ファイバ増幅器の増幅状態の正常／異常判定をするために入力信号光レベルと出力信号光レベルをモニタする際にも、上記第1の課題と第2の課題があった。

【0054】また、上記第1の課題を解決するためにな

された上記に示す第5の従来例によれば、信号光経路に狭帯域フィルタが挿入されていたため、長距離光伝送システムにおいて光ファイバ増幅器を多段に接続した場合、それぞれの光ファイバ増幅器内の狭帯域フィルタの透過中心波長のばらつきによって、信号伝送品質の劣化が生じるという第3の課題があった。

【0055】この発明の第1の発明は上記第1の課題および第3の課題を解決するためになされたものであり、入力信号光レベルをモニタするための光分岐器を不要として雑音特性の劣化を抑制するとともに信号伝送品質の劣化が生じない光ファイバ増幅器を得ることを目的とする。

【0056】また、この発明の第2の発明は上記第1の課題および第3の課題を解決するためになされたものであり、信号光入力と光ファイバ増幅器の増幅状態の正常／異常を判定するとともに入力信号光レベルをモニタするための光分岐器を不要として雑音特性の劣化を抑制するとともに信号伝送品質の劣化を生じない光ファイバ増幅器を得ることを目的とする。

【0057】また、この発明の第3の発明は上記第2の課題および第3の課題を解決するためになされたものであり、出力信号光レベルをモニタするための光分岐器を不要として信号光最大出力の低下を抑制するとともに信号伝送品質の劣化が生じない光ファイバ増幅器を得ることを目的とする。

【0058】また、この発明の第4の発明は上記第2の課題および第3の課題を解決するためになされたものであり、出力信号光レベルをモニタするための光分岐器を不要として信号光最大出力の低下を抑制するとともに信号伝送品質の劣化が生じない光ファイバ増幅器を得ることを目的とする。

【0059】

【課題を解決するための手段】この発明の第1の発明に係る光ファイバ増幅器は、励起光の照射により信号光を増幅する希土類元素を光ファイバにドーピングした希土類元素ドーピング光ファイバと、前記希土類元素ドーピング光ファイバの光出力を分岐する光分岐器と、前記光分岐器の分岐出力光を信号光波長成分と信号光波長以外の波長成分に分岐する光波長フィルタと、前記光波長フィルタより出力された信号光波長成分を受光する第1の受光器と、前記光波長フィルタより出力された信号光波長以外の波長成分を受光する第2の受光器を備えたものである。

【0060】また、この発明の第2の発明に係る光ファイバ増幅器は、第1の発明において、前記第1の受光器および第2の受光器の出力レベルから信号光入力レベルの正常／異常および希土類元素のドーピング光ファイバ利得の正常／異常を判定する回路を備えたものである。

【0061】また、この発明の第3の発明に係る光ファイバ増幅器は、信号光入力端子と、励起光の照射により信号光を増幅する希土類元素を光ファイバにドーピングした

希土類元素ドーピング光ファイバと、4つの端子を有し第1の端子から入力した光は第2の端子と第4の端子とに分岐出力され第2の端子から入力した光は第1の端子と第3の端子とに分岐出力される光分岐器と、信号光波長成分を除去する光波長フィルタと、第1及び第2の受光器とを有し、前記信号光入力端子を前記光分岐器の第1の端子に接続し、前記光分岐器の第4の端子を前記第1の受光器に接続し、前記光分岐器の第2の端子を前記希土類元素ドーピング光ファイバの入力端子に接続し、前記光分岐器の第3の端子を前記光波長フィルタの入力端子に接続し、前記光波長フィルタの出力端子を前記第2の受光器に接続したものである。

【0062】また、この発明の第4の発明に係る光ファイバ増幅器は、信号光入力端子と、励起光の照射により信号光を増幅する希土類元素を光ファイバにドーピングした希土類元素ドーピング光ファイバと、信号光を2分岐する光分岐器と、少なくとも3つの端子を有し第1の端子から入力した光は第2の端子から出力され第2の端子から入力した光は第3の端子から出力される光サーキュレータと、信号光波長成分を除去する光波長フィルタと、第1及び第2の受光器とを有し、前記信号光入力端子を前記光分岐器の入力端子に接続し、前記光分岐器の第1の出力端子を前記光サーキュレータの第1の端子に接続し、前記光分岐器の第2の出力端子を前記第1の受光器に接続し、前記光サーキュレータの第2の端子を前記希土類元素ドーピング光ファイバの入力端子に接続し、前記光サーキュレータの第3の端子を前記光波長フィルタの入力端子に接続し、前記光波長フィルタの出力端子を前記第2の受光器に接続したものである。

【0063】この発明の第1の発明に係る光ファイバ増幅器においては、希土類元素ドーピング光ファイバの出力光を光分岐器で分岐した後、さらに波長フィルタによって信号光波長成分と信号光波長以外の波長の成分に分離し、それぞれを別の受光器で受光する。信号光波長成分の強度から希土類元素ドーピング光ファイバの信号光出力レベルをモニタし、信号光波長成分の強度と信号光波長以外の波長の成分の強度の比から希土類元素ドーピング光ファイバへの信号光入力レベルを算出することにより、希土類元素ドーピング光ファイバの入力側に入力レベルをモニタするための光分岐器を設ける必要がなく光分岐器による損失が生じないとともに、信号光の経路に波長フィルタを含まないため、雑音特性の劣化がなくなかつ多段接続時にも信号劣化が生じない光ファイバ増幅器を得ることができる。

【0064】また、この発明の第2の発明に係る光ファイバ増幅器においては、希土類元素ドーピング光ファイバの出力光を光分岐器で分岐した後、さらに波長フィルタによって信号光波長成分と信号光波長以外の波長の成分に分離し、それぞれを別の受光器で受光し、それぞれの受光器出力を故障判定回路に伝達する。これにより、故

障判定回路にて信号光波長成分の強度変化と信号光波長以外の波長の成分の強度変化を検出して信号光入力と光ファイバ増幅器の増幅状態の正常／異常を別々に判定をするとともに、希土類元素ドープ光ファイバの入力側に入力レベルをモニタするための光分岐器を設ける必要がなく光分岐器に損失が生じない。更に、信号光の経路に波長フィルタを含まないため、信号光入力と光ファイバ増幅器の増幅状態の正常／異常を判定しかつ雑音特性の劣化がなく、かつ多段接続時にも信号劣化が生じない光ファイバ増幅器を得ることができる。

【0065】また、この発明の第3の発明に係わる光ファイバ増幅器においては、希土類元素ドープ光ファイバの入力光を光分岐器で分岐した後に受光器で受光し入力レベルをモニタするとともに、希土類元素ドープ光ファイバ中で発生し信号光と逆方向に進行し入力側に出力されるASE光を上記の光分岐器で分岐する。信号波長成分を波長フィルタで除去した後に受光器で受光し、入力レベルと入力側に出力されたASE光レベルの比から信号光出力レベルを算出する。これにより、希土類元素ドープ光ファイバの出力側に出力レベルをモニタするための光分岐器を設ける必要がなく光分岐器による損失が生じないため、信号光最大出力の低下がない光ファイバ増幅器を得ることができる。

【0066】また、この発明の第4の発明に係わる光ファイバ増幅器においては、希土類元素ドープ光ファイバへの入力光を光分岐器で分岐した後に受光器で受光し入力レベルをモニタするとともに、希土類元素ドープ光ファイバ中で発生し信号光と逆方向に進行し入力側に出力されるASE光を光サーキュレータで分岐する。信号波長成分を波長フィルタで除去した後に受光器で受光し、入力レベルと入力側に出力されたASE光レベルの比から希土類元素ドープ光ファイバの出力レベルを算出する。これにより、信号光出力レベルをモニタするための光分岐器を設ける必要がなく光分岐器による損失が生じないため、信号光最大出力の低下のない光ファイバ増幅器を得ることができる。

【0067】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1に本発明に係わる第1の実施の形態を示す。図において、1は信号光入力端子、2aは励起光源、3aは第1の光合分波器、31aは第1の光合分波器3aの第1の端子、32aは第1の光合分波器3aの第2の端子、33aは第1の光合分波器3aの第3の端子、34aは第1の光合分波器3aの第4の端子、4aは第1の希土類元素ドープ光ファイバ、3bは第2の光合分波器、31bは第2の光合分波器3bの第1の端子、32bは第2の光合分波器3bの第2の端子、33bは第2の光合分波器3bの第3の端子、34bは第2の光合分波器3bの第4の端子、5は光アイソレータ、4bは第2の希土類元素ドープ光ファイバ、6は信号光出力端子、7aは無反射終端であ

る。

【0068】第1の光合分波器3aは、第1の端子31aと第2の端子32aの間および第3の端子33aと第4の端子34aの間で信号光を透過させ、第1の端子31aと第4端子34aの間および第2の端子32aと第3の端子33aの間で励起光を透過させる。第2の光合分波器3bにおいても、上記第1の光合分波器3aと同様の動作をする。

【0069】次に動作について説明する。

【0070】信号光入力端子1から入力された信号光は、第1の光合分波器3aの第1の端子31aと第2の端子32a間を透過し、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力される。励起光源2aより出力された励起光は、第1の光合分波器3aの第3の端子33aと第2の端子32a間を透過し、上記第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力される。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4a中の希土類元素により励起光が吸収され、吸収されたエネルギーによって信号光が増幅される。

【0071】第1の希土類元素ドープ光ファイバ4a中で増幅され出力された信号光は、第2の光合分波器3bの第1の端子31bと第2の端子32b間を透過し、光アイソレータ5を透過し、第2の光合分波器3bの第3の端子33bと第4の端子34b間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aで消費されずに出力された励起光は、第2の光合分波器3bの第1の端子31bと第4の端子34b間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4b中の希土類元素により励起光が吸収され、吸収されたエネルギーによって信号光が増幅される。

【0072】増幅された光信号は、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bから信号光出力端子6を通過して出力される。

【0073】信号光の経路は、第1の光合分波器3a、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4a、第2の光合分波器3b、光アイソレータ5、第2の光合分波器3b、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4b、信号光出力端子6の順である。この経路は従来と同様であり、信号光経路には損失の増加はない。

【0074】光アイソレータ5により、信号光あるいはASE光の発振が防止されている。同時に、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bの中で発生し信号光と逆方向に進行するASE光が、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに流入して信号光の増幅特性が劣化するのを防止している。

【0075】一方、励起光の経路は、励起光源2a、第1の光合分波器3a、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4a、第2の光合分波器3b、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bの順である。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aと第2の希土類元素ドープ光ファイバ4

bの間には第2の光合分波器3bのみであり、従来は2台の光合分波器があったのに比べ、光合分波器1台分の損失が低減されている。

【0076】このため、同一の信号光入力と励起光入力においては、従来に比べ第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される励起光強度が光合分波器1台分の損失に相当する分だけ大きい。2段形の光ファイバ増幅器において、後段の励起光入力が大きくなると信号光の最大出力が増加する。

【0077】上記のように、本実施の形態によれば、同一の信号光入力と励起光入力において信号光の最大出力の大きい光ファイバ増幅器が得られる。

【0078】また、本実施の形態によれば、従来の光ファイバ増幅器に比べ構成部品として光合分波器1台が削減できる。

【0079】なお、上記実施の形態では省略したが、信号光入力端子1と第1の光合分波器3aの第1の端子31aの間、もしくは第1の光合分波器3aの第2の端子32aと第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aの間に、入力側の伝送路ファイバのレイリー散乱による反射を防止するための光アイソレータを追加した場合にも、本実施の形態の効果は変わらない。

【0080】また、上記実施の形態では省略したが、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bと信号光出力端子6の間に、出力側の伝送路ファイバのレイリー散乱による反射を防止するための光アイソレータを追加した場合にも、本実施の形態の効果は変わらない。

【0081】実施の形態2。図2に本発明に係わる第2の実施の形態を示す。図において、1は信号光入力端子、2bは励起光源、3bは第1の光合分波器、31bは第1の光合分波器3bの第1の端子、32bは第1の光合分波器3bの第2の端子、33bは第1の光合分波器3bの第3の端子、34bは第1の光合分波器3bの第4の端子、4aは第1の希土類元素ドープ光ファイバ、3cは第2の光合分波器、31cは第2の光合分波器3cの第1の端子、32cは第2の光合分波器3cの第2の端子、33cは第2の光合分波器3cの第3の端子、34cは第2の光合分波器3cの第4の端子、5は光アイソレータ、4bは第2の希土類元素ドープ光ファイバ、6は信号光出力端子、7bは無反射終端である。

【0082】次に動作について説明する。

【0083】励起光源2bより出力された励起光は、第2の光合分波器3cの第4の端子34cと第1の端子31c間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力され信号光の増幅エネルギーとして用いられる。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bで消費されずに出力された励起光は、第1の光合分波器3bの第4の端子34bと第1の端子31b間を透過し、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力される。

【0084】信号光入力端子1から入力された信号光

は、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力され、増幅後出力される。

【0085】第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aから出力された信号光は、第1の光合分波器3bの第1の端子31bと第2の端子32b間を透過し、光アイソレータ5を透過し、第1の光合分波器3bの第3の端子33bと第4の端子34b間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される。

【0086】第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bにおいてさらに増幅された信号光は、第2の光合分波器3cの第1の端子31cと第2の端子32c間を透過し、信号光出力端子6を通過して出力される。

【0087】信号光の経路は、第1希土類元素ドープ光ファイバ4a、第1の光合分波器3b、光アイソレータ5、第1の光合分波器3b、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4b、第2の光合分波器3c、信号光出力端子6の順である。この経路は従来と同様であり、信号光経路には損失の増加はない。

【0088】光アイソレータ5により、信号光あるいはASE光の発振が防止されている。同時に、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bの中で発生し信号光と逆方向に進行するASE光が、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに流入して信号光の増幅特性が劣化するのを防止している。

【0089】一方、励起光の経路は、励起光源2b、第2の光合分波器3c、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4b、第1の光合分波器3b、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aの順である。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bと第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aの間には第1の光合分波器3bのみがあり、従来は2台の光合分波器があったのに比べ、光合分波器1台分の損失が低減されている。

【0090】このため、同一の信号光入力と励起光入力においては、従来に比べ第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力される励起光強度が光合分波器1台分の損失に相当する分だけ大きい。2段形の光ファイバ増幅器において、前段の励起光入力が大きくなると低雑音になる。

【0091】上記のように、本実施の形態によれば、同一の信号光入力と励起光入力において低雑音な光ファイバ増幅器が得られる。

【0092】また、本実施の形態によれば、従来の光ファイバ増幅器に比べ構成部品として光合分波器1台が削減できる。

【0093】なお、上記実施の形態では省略したが、信号光入力端子1と第1の光合分波器3bの第1の端子31bの間に、入力側の伝送路ファイバのレイリー散乱による反射を防止するための光アイソレータを追加した場合にも、本実施の形態の効果は変わらない。

【0094】また、上記実施の形態では省略したが、第

2の希土類元素ドープ光ファイバ4bと信号光出力端子6の間に、出力側の伝送路ファイバのレイリー散乱による反射を防止するための光アイソレータを追加した場合にも、本実施の形態の効果は変わらない。

【0095】実施の形態3. 図3に本発明に係わる第3の実施の形態を示す。図において、1は信号光入力端子、2aは第1の励起光源、3aは第1の光合分波器、31aは第1の光合分波器3aの第1の端子、32aは第1の光合分波器3aの第2の端子、33aは第1の光合分波器3aの第3の端子、34aは第1の光合分波器3aの第4の端子、4aは第1の希土類元素ドープ光ファイバ、3bは第2の光合分波器、31bは第2の光合分波器3bの第1の端子、32bは第2の光合分波器3bの第2の端子、33bは第2の光合分波器3bの第3の端子、34bは第2の光合分波器3bの第4の端子、5は光アイソレータ、4bは第2の希土類元素ドープ光ファイバ、2bは第2の励起光源、3cは第3の光合分波器、31cは第3の光合分波器3cの第1の端子、32cは第3の光合分波器3cの第2の端子、33cは第3の光合分波器3cの第3の端子、34cは第3の光合分波器3cの第4の端子、6は信号光出力端子、7aは第1の無反射終端、7bは第2の無反射終端である。

【0096】次に動作について説明する。

【0097】励起光源2aより出力された励起光は、第1の光合分波器3aの第3の端子33aと第2の端子32a間を透過し、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力され信号光の増幅エネルギーとして用いられる。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aで消費されずに出力された励起光は、第2の光合分波器3bの第1の端子31bと第4の端子34b間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される。

【0098】また、励起光源2bより出力された励起光は、第3の光合分波器3cの第4の端子34cと第1の端子31c間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力され信号光の増幅エネルギーとして用いられる。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bで消費されずに出力された励起光は、第2の光合分波器3bの第4の端子34bと第1の端子31b間を透過し、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力される。

【0099】信号光入力端子1から入力された信号光は、第1の光合分波器3aの第1の端子31aと第2の端子32a間を透過し、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力され増幅される。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aから出力された信号光は、第2の光合分波器3bの第1の端子31bと第2の端子32b間を透過し、光アイソレータ5を透過し、第2の光合分波器3bの第3の端子33bと第4の端子34b間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4b中においてさらに増幅された信号光は、第3の光合分波器3cの第

1の端子31cと第2の端子32c間を透過し、信号光出力端子6を通過して出力される。

【0100】信号光の経路は、第1の光合分波器3a、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4a、第2の光合分波器3b、光アイソレータ5、第2の光合分波器3b、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4b、第3の光合分波器3c、信号光出力端子6の順である。この経路は従来と同様であり、信号光経路には損失の増加はない。光アイソレータ5により、信号光あるいはASE光の発振が防止されている。同時に、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bの中で発生し信号光と逆方向に進行するASE光が、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに流入して信号光の増幅特性が劣化するのを防止している。

【0101】一方、第1の励起光源2aの出力の経路は、第1の光合分波器3a、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4a、第2の光合分波器3b、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bの順である。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aと第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bの間には第2の光合分波器3bのみがあり、従来は2台の光合分波器があったのに比べ、光合分波器1台分の損失が低減されている。

【0102】また、第2の励起光源2bの出力の経路は、第3の光合分波器3c、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4b、第2の光合分波器3b、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aの順である。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bと第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aの間には第2の光合分波器3bのみがあり、従来は2台の光合分波器があったのに比べ、光合分波器1台分の損失が低減されている。

【0103】このため、同一の信号光入力と励起光入力においては、従来に比べ第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される励起光強度および第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力される励起光強度が光合分波器1台分に損失に相当する分だけ大きい。2段形の光ファイバ増幅器において、前段の励起光入力が大きくなると低雑音になり、後段の励起光入力が大きくなると信号光の最大出力が増加する。

【0104】上記のように、本実施の形態によれば、同一の信号光入力と励起光入力において低雑音でありかつ信号光の最大出力の大きい光ファイバ増幅器が得られる。

【0105】また、本実施の形態によれば、従来の光ファイバ増幅器に比べ構成部品として光合分波器1台が削減できる。

【0106】なお、上記実施の形態では省略したが、信号光入力端子1と第1の光合分波器3aの第1の端子31aの間、もしくは第1の光合分波器3aの第2の端子32aと第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aの間に、入力側の伝送路ファイバのレイリー散乱による反射を防止するための光アイソレータを追加した場合にも、

本実施の形態の効果は変わらない。

【0107】また、上記実施の形態では省略したが、第3の光合分波器3cの第3の端子33cと信号光出力端子6の間に、出力側の伝送路ファイバのレイリー散乱による反射を防止するための光アイソレータを追加した場合にも、本実施の形態の効果は変わらない。

【0108】実施の形態4. 図4に本発明に係わる第4の実施の形態を示す。図において、1は信号光入力端子、2aは励起光源、3aは第1の光合分波器、31aは第1の光合分波器3aの第1の端子、32aは第1の光合分波器3aの第2の端子、33aは第1の光合分波器3aの第3の端子、34aは第1の光合分波器3aの第4の端子、4aは第1の希土類元素ドープ光ファイバ、3bは第2の光合分波器、31bは第2の光合分波器3bの第1の端子、32bは第2の光合分波器3bの第2の端子、33bは第2の光合分波器3bの第3の端子、34bは第2の光合分波器3bの第4の端子、5は光アイソレータ、4bは第2の希土類元素ドープ光ファイバ、6は信号光出力端子、7aは無反射終端である。

【0109】次に動作について説明する。

【0110】信号光入力端子1から入力された信号光は、第1の光合分波器3aの第1の端子31aと第2の端子32a間を透過し、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力される。励起光源2aより出力された励起光は、第2の光合分波器3bの第4の端子34bと第1の端子31b間を透過し、上記第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに信号光進行方向とは逆方向から入力される。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4a中において希土類元素は励起光を吸収し、吸収したエネルギーによって信号光が増幅される。

【0111】第1の希土類元素ドープ光ファイバ4a中で増幅され出力された信号光は、第2の光合分波器3bの第1の端子31bと第2の端子32b間を透過し、光アイソレータ5を透過し、第1の光合分波器3aの第3の端子34aと第3の端子33a間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aで消費されずに出力された励起光は、第1の光合分波器3aの第2の端子32aと第3の端子33a間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4b中において希土類元素は励起光を吸収し、吸収したエネルギーによって信号光が増幅される。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bへは、信号光進行方向と同方向から励起光が入力される。

【0112】増幅された光信号は、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bから信号光出力端子6を通過して出力される。

【0113】信号光の経路は、第1の光合分波器3a、第1希土類元素ドープ光ファイバ4a、第2の光合分波器3b、光アイソレータ5、第1の光合分波器3a、第

2の希土類元素ドープ光ファイバ4b、信号光出力端子6の順である。この経路は従来と同様であり、信号光経路には損失の増加はない。

【0114】光アイソレータ5により、信号光あるいはASE光の発振が防止されている。同時に、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bの中で発生し信号光と逆方向に進行するASE光が、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに流入して信号光の増幅特性が劣化するのを防止している。

【0115】一方、励起光の経路は、励起光源2a、第2の光合分波器3b、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4a、第1の光合分波器3a、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bの順である。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aと第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bの間には第1の光合分波器3aのみがあり、従来は2台の光合分波器があったのに比べ、光合分波器1台分の損失が低減されている。

【0116】このため、同一の信号光入力と励起光入力においては、従来に比べ第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される励起光強度が光合分波器1台分の損失に相当する分だけ大きい。2段形の光ファイバ増幅器において、後段の励起光入力が大きくなると信号光の最大出力が増加する。

【0117】上記のように、本実施の形態によれば、同一の信号光入力と励起光入力において信号光の最大出力の大きい光ファイバ増幅器が得られる。

【0118】また、本実施の形態によれば、従来の光ファイバ増幅器に比べ構成部品として光合分波器1台が削減できる。

【0119】なお、上記実施の形態では省略したが、信号光入力端子1と第1の光合分波器3aの第1の端子31aの間に、入力側の伝送路ファイバのレイリー散乱による反射を防止するための光アイソレータを追加した場合にも、本実施の形態の効果は変わらない。

【0120】また、上記実施の形態では省略したが、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bと信号光出力端子6の間に、出力側の伝送路ファイバのレイリー散乱による反射を防止するための光アイソレータを追加した場合にも、本実施の形態の効果は変わらない。

【0121】実施の形態5. 図5に本発明に係わる第5の実施の形態を示す。図において、1は信号光入力端子、2bは励起光源、3aは第1の光合分波器、31aは第1の光合分波器3aの第1の端子、32aは第1の光合分波器3aの第2の端子、33aは第1の光合分波器3aの第3の端子、34aは第1の光合分波器3aの第4の端子、4aは第1の希土類元素ドープ光ファイバ、3cは第2の光合分波器、31cは第2の光合分波器3cの第1の端子、32cは第2の光合分波器3cの第2の端子、33cは第2の光合分波器3cの第3の端子、34cは第2の光合分波器3cの第4の端子、5は

光アイソレータ、4 bは第2の希土類元素ドープ光ファイバ、6は信号光出力端子、7 bは無反射終端である。

【0122】次に動作について説明する。

【0123】励起光源2 bより出力された励起光は、第2の光合分波器3 cの第4の端子3 4 cと第1の端子3 1 c間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bに信号光進行方向とは逆方向から入力され信号光の増幅エネルギーとして用いられる。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bで消費されずに出力された励起光は、第1の光合分波器3 aの第3の端子3 3 aと第2の端子3 2 a間を透過し、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aに信号光進行方向と同方向から入力される。

【0124】信号光入力端子1から入力された信号光は、第1の光合分波器3 aの第1の端子3 1 aと第2の端子3 2 a間を透過し、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aに入力され、増幅後出力される。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aから出力された信号光は、光アイソレータ5を透過し、第1の光合分波器3 aの第4の端子3 4 aと第3の端子3 3 a間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bに入力される。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 b中においてさらに増幅された信号光は、第2の光合分波器3 cの第1の端子3 1 cと第2の端子3 2 c間を透過し、信号光出力端子6を通過して出力される。

【0125】信号光の経路は、第1の光合分波器3 a、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 a、光アイソレータ5、第2の光合分波器3 a、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 b、第2の光合分波器3 c、信号光出力端子6の順である。この経路は従来と同様であり、信号光経路には損失の増加はない。

【0126】光アイソレータ5により、信号光あるいはASE光の発振が防止されている。同時に、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bの中で発生し信号光と逆方向に進行するASE光が、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aに流入して信号光の増幅特性が劣化するのを防止している。

【0127】一方、励起光の経路は、励起光源2 b、第2の光合分波器3 c、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 b、第1の光合分波器3 a、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aの順である。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bと第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aの間には第1の光合分波器3 aのみがあり、従来は2台の光合分波器があったのに比べ、光合分波器1台分の損失が低減されている。

【0128】このため、同一の信号光入力と励起光入力においては、従来に比べ第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aに入力される励起光強度が光合分波器1台分の損失に相当する分だけ大きい。2段階の光ファイバ増幅器において、前段の励起光入力が大きくなると低雑音になる。

【0129】また、後段の第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bへの励起光入力は従来と同様に信号光進行方向とは逆方向であり大きな最大出力が得られるとともに、前段の第1の希土類元素ドープ光ファイバ4 aへの励起光入力は信号光進行方向と同方向から入力されるため低雑音が得られる。上記のような低雑音でありかつ最大出力の大きい特性を得るような励起光強度分布を実現するには、従来は2個以上の励起光入力が必要であった。

【0130】本実施の形態によれば、1個の励起光源だけをいかに励起経路を分岐することなく、優れた増幅特性が得られる励起光強度分布を実現できる。

【0131】上記のように、本実施の形態によれば、同一の信号光入力と励起光入力において低雑音な光ファイバ増幅器が得られる。

【0132】また、本実施の形態によれば、従来の光ファイバ増幅器に比べ構成部品として光合分波器1台が削減できる。

【0133】なお、上記実施の形態では省略したが、信号光入力端子1と第1の光合分波器3 aの第1の端子3 1 aの間に、入力側の伝送路ファイバのレイリー散乱による反射を防止するための光アイソレータを追加した場合にも、本実施の形態の効果は変わらない。

【0134】また、上記実施の形態では省略したが、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4 bと信号光出力端子6の間に、出力側の伝送路ファイバのレイリー散乱による反射を防止するための光アイソレータを追加した場合にも、本実施の形態の効果は変わらない。

【0135】実施の形態6. 図6に本発明に係る第6の実施の形態を示す。図において、1は信号光入力端子、2 aは励起光源、3 aは第1の光合分波器、3 1 aは第1の光合分波器3 aの第1の端子、3 2 aは第1の光合分波器3 aの第2の端子、3 3 aは第1の光合分波器3 aの第3の端子、3 4 aは第1の光合分波器3 aの第4の端子、4 aは第1の希土類元素ドープ光ファイバ、3 bは第2の光合分波器、3 1 bは第2の光合分波器3 bの第1の端子、3 2 bは第2の光合分波器3 bの第2の端子、3 3 bは第2の光合分波器3 bの第3の端子、3 4 bは第2の光合分波器3 bの第4の端子、5は光アイソレータ、4 bは第2の希土類元素ドープ光ファイバ、2 bは第2の励起光源、3 cは第3の光合分波器、3 1 cは第3の光合分波器3 cの第1の端子、3 2 cは第3の光合分波器3 cの第2の端子、3 3 cは第1の光合分波器3 cの第3の端子、3 4 cは第3の光合分波器3 cの第4の端子、6は信号光出力端子、7 aは第1の無反射終端、7 bは第2の無反射終端である。

【0136】次に動作について説明する。

【0137】励起光源2 aより出力された励起光は、第2の光合分波器3 bの第4の端子3 4 bと第1の端子3 1 b間を透過し、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4



aに入力され信号光の増幅エネルギーとして用いられる。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aで消費されずに出力された励起光は、第1の光合分波器3aの第2の端子32aと第3の端子33a間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される。

【0138】また、励起光源2bより出力された励起光は、第3の光合分波器3cの第4の端子34cと第1の端子31c間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力され信号光の増幅エネルギーとして用いられる。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bで消費されずに出力された励起光は、第1の光合分波器3aの第3の端子33aと第2の端子32a間を透過し、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力される。

【0139】信号光入力端子1から入力された信号光は、第1の光合分波器3aの第1の端子31aと第2の端子32a間を透過し、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力され増幅される。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aから出力された信号光は、第2の光合分波器3bの第1の端子31bと第2の端子32b間を透過し、アイソレータ5を透過し、第1の光合分波器3aの第4の端子34aと第3の端子33a間を透過し、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4b中においてさらに増幅された信号光は、第3の光合分波器3cの第1の端子31cと第2の端子32c間を透過し、信号光出力端子6を通過して出力される。

【0140】信号光の経路は、第1の光合分波器3a、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4a、第2の光合分波器3b、光アイソレータ5、第1の光合分波器3a、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4b、第3の光合分波器3c、信号光出力端子6の順である。この経路は従来と同様であり、信号光経路には損失の増加はない。光アイソレータ5により、信号光あるいはASE光の発振が防止されている。同時に、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bの中で発生し信号光と逆方向に進行するASE光が、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに流入して信号光の増幅特性が劣化するのを防止している。

【0141】一方、第1の励起光源2a出力の経路は、第2の光合分波器3b、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4a、第1の光合分波器3a、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bの順である。第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aと第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bの間には第1の光合分波器3aのみがあり、従来は2台の光合分波器があったのに比べ、光合分波器1台分の損失が低減されている。

【0142】また、第2の励起光源2bの出力の経路は、第3の光合分波器3c、第2の希土類元素ドープ光ファイバ4b、第1の光合分波器3a、第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aの順である。第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bと第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aの間には第1の光合分波器3aのみがあり、従来は2台の光合分波器があったのに比べ、光合分波器1台分の損失が低減されている。

イバ4aの間には第1の光合分波器3aのみがあり、従来は2台の光合分波器があったのに比べ、光合分波器1台分の損失が低減されている。

【0143】このため、同一の信号光入力と励起光入力においては、従来に比べ第2の希土類元素ドープ光ファイバ4bに入力される励起光強度および第1の希土類元素ドープ光ファイバ4aに入力される励起光強度が光合分波器1台分の損失に相当する分だけ大きい。2段形の光ファイバ増幅器において、前段の励起光入力が大きくなると低雑音になり、後段の励起光入力が大きくなると信号光の最大出力が増加する。

【0144】上記のように、本実施の形態によれば、同一の信号光入力と励起光入力において低雑音でありかつ信号光の最大出力の大きい光ファイバ増幅器が得られる。

【0145】また、本実施の形態によれば、従来の光ファイバ増幅器に比べ構成部品として光合分波器1台が削減できる。

【0146】なお、上記実施の形態では省略したが、信号光入力端子1と第1の光合分波器3aの第1の端子31aの間に、入力側の伝送路ファイバのレイリー散乱による反射を防止するための光アイソレータを追加した場合にも、本実施の形態の効果は変わらない。

【0147】また、上記実施の形態では省略したが、第3の光合分波器3cの第3の端子33cと信号光出力端子6の間に、出力側の伝送路ファイバのレイリー散乱による反射を防止するための光アイソレータを追加した場合にも、本実施の形態の効果は変わらない。

【0148】実施の形態7. 図7に本発明に係わる第7の実施の形態を示す。図において、1は信号光入力端子、5aは第1の光アイソレータ、2は励起光源、3aは光合分波器、31aは光合分波器3aの第1の端子、32aは光合分波器3aの第2の端子、33aは光合分波器3aの第3の端子、34aは光合分波器3aの第4の端子、4aは希土類元素ドープ光ファイバ、8bは光分岐器、81bは光分岐器8bの入力端子、82bは光分岐器8bの第1の出力端子、84bは光分岐器8bの第2の出力端子、5bは第2の光アイソレータ、6は信号光出力端子、11は光波長フィルタ、115は光波長フィルタ11の入力端子、116は光波長フィルタ11の第1の出力端子、117は光波長フィルタ11の第2の出力端子、9bは第1の受光器、9cは第2の受光器、10は励起光源制御回路である。

【0149】次に動作について説明する。

【0150】信号光入力端子1から入力された信号光は、第1の光アイソレータ5aを透過し、光合分波器3aの第1の端子31aと第2の端子32a間を透過し、希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力される。

【0151】第1の光アイソレータ5aは、希土類元素ドープ光ファイバ4c中で発生し信号光進行方向と逆方



向に進行し入力側の伝送路ファイバに入力されたASE光が、伝送路ファイバ中のレイリー散乱による反射で希土類元素ドープ光ファイバ4 cに再入力されて増幅特性を劣化させることを防止している。

【0152】励起光源2より出力された励起光は、光合分波器3 aの第3の端子3 3 aと第2の端子3 2 a間を透過した後、希土類元素ドープ光ファイバ4 cに入力され信号光の増幅エネルギーとして用いられる。

【0153】希土類元素ドープ光ファイバ4 c中で増幅され出力された信号光は、光分岐器8 bの入力端子8 1 bに入力され、大部分が第1の出力端子8 2 bから出力され一部が第2の出力端子8 4 bから出力される。第1の出力端子8 2 bからの出力と、第2の出力端子8 4 bからの出力の比は通常10 dB程度である。

【0154】光分岐器8 bの第1の出力端子8 2 bからの出力光は、第2の光アイソレータ5 bを透過し、信号光出力端子6を通過して出力される。希土類元素ドープ光ファイバ4 cの出力光には、信号光成分の他に希土類元素ドープ光ファイバ4 c中で発生したASE光成分が混入している。

【0155】第2の光アイソレータ5 bは、出力側の伝送路ファイバに入力された信号光およびASE光が、伝送路ファイバ中のレイリー散乱による反射で希土類元素ドープ光ファイバ4 cに再入力されて増幅特性を劣化させるのを防止している。

【0156】光分岐器8 bの第2の出力端子8 4 bからの出力光は、光波長フィルタ11により信号光波長成分と信号光波長以外の波長成分に分離される。光波長フィルタ11の第1の出力端子1 1 6から信号光波長成分が出力され、第1の受光器9 bにより受光し、信号光出力レベルのモニタに用いる。光波長フィルタ11の第2の出力端子1 1 7からは信号光波長以外の波長成分が出力され、第2の受光器9 cにより受光する。これは、第2の受光器9 cが、希土類元素ドープ光ファイバ4 cから出力されたASEレベルをモニタしていることを意味する。

【0157】希土類元素ドープ光ファイバ4 cにおいては、信号光入力レベルがある程度より大きい場合は、入力信号光レベルが増加すると発生するASE光レベルが低下し、入力信号光レベルが減少すると発生するASE光レベルは上昇する。

【0158】また入力信号光レベルがある程度より小さい場合は発生するASE光レベルは一定である。

【0159】このため、第1の受光器9 bより得られた信号光出力レベルと、第2の受光器9 cより得られたASE光レベルにより、希土類元素ドープ光ファイバ4 cへの信号光入力レベルを知ることが可能である。

【0160】信号光出力レベルのモニタ結果とASE光レベルのモニタ結果は、励起光源制御回路10に伝達され、信号光入力レベルと出力レベルに応じて適切な増幅

特性を得るように、励起光源2の駆動状態が制御される。

【0161】本実施の形態によれば、希土類元素ドープ光ファイバ4 cの入力側には、信号光入力レベルをモニタするための光分岐器が必要ない。このため、光分岐器の挿入損失による約0.5 dB〜1 dBの雑音指数の劣化が回避できる。

【0162】また、信号光経路に透過光波長を選択する光波長フィルタがないため、光ファイバ増幅器を多段に接続した場合に光波長フィルタの透過光波長のばらつきによる信号劣化が生じない。

【0163】上記のように、本実施の形態によれば、低雑音でありかつ多段に接続した場合にも信号劣化が生じない光ファイバ増幅器が得られる。

【0164】上記実施の形態では、第1の光アイソレータ5 aを信号光入力端子1と光合分波器3 aの第1の端子3 1 aの間に接続したが、光合分波器3 aの第2の端子3 2 aと希土類元素ドープ光ファイバ4 cの間に接続した場合にも、同様に本実施の形態の効果が得られる。

【0165】また、上記実施の形態では、第2の光アイソレータ5 bを光分岐器8 bの第1の出力端子8 2 bと信号光出力端子6の間に接続したが、希土類元素ドープ光ファイバ4 cと光分岐器8 bの入力端子8 1 bの間に接続した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0166】また、上記実施の形態では、光合分波器3 aを第1の光アイソレータ5 aと希土類元素ドープ光ファイバ4 cの間に接続し励起光を信号光進行方向と同方向から希土類元素ドープ光ファイバ4 cに入力した場合を示したが、光合分波器3 aを希土類元素ドープ光ファイバ4 cと光分岐器8 bの入力端子8 1 bの間に接続し励起光を信号光進行方向とは逆方向から希土類元素ドープ光ファイバ4 cに入力した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0167】また、上記実施の形態では、光合分波器3 aを第1の光アイソレータ5 aと希土類元素ドープ光ファイバ4 cの間にのみ接続し、励起光を信号光進行方向と同方向から希土類元素ドープ光ファイバ4 cに入力した場合を示したが、光合分波器3 aを希土類元素ドープ光ファイバ4 cと光分岐器8 bの入力端子8 1 bの間に接続し第2の励起光源を第2の光合分波器に接続し、希土類元素ドープ光ファイバ4 cの両側から励起光を入力した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0168】実施の形態8、図8に本発明に係わる第8の実施の形態を示す。図において、1は信号光入力端子、5 aは第1の光アイソレータ、2は励起光源、3 aは光合分波器、3 1 aは光合分波器3 aの第1の端子、3 2 aは光合分波器3 aの第2の端子、3 3 aは光合分波器3 aの第3の端子、3 4 aは光合分波器3 aの第4の端子、4 cは希土類元素ドープ光ファイバ、8 bは光

分岐器、81bは光分岐器8bの入力端子、82bは光分岐器8bの第1の出力端子、84bは光分岐器8bの第2の出力端子、5bは第2の光アイソレータ、6は信号光出力端子、11は光波長フィルタ、115は光波長フィルタ11の入力端子、116は光波長フィルタ11の第1の出力端子、117は光波長フィルタ11の第2の出力端子、9bは第1の受光器、9cは第2の受光器、20は故障判定回路である。

【0169】次に動作について説明する。

【0170】信号光入力端子1から入力された信号光は、第1の光アイソレータ5aを透過し、光合分波器3aの第1の端子31aと第2の端子32a間を透過し、希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力される。

【0171】励起光源2より出力された励起光は、光合分波器3aの第3の端子33aと第2の端子32a間を透過した後、希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力され信号光の増幅エネルギーとして用いられる。

【0172】希土類元素ドープ光ファイバ4c中で増幅され出力された信号光は、光分岐器8bの入力端子81bに入力され、大部分が第1の出力端子82bから出力され一部が第2の出力端子84bから出力される。

【0173】光分岐器8bの第1の出力端子82bからの出力光は、第2の光アイソレータ5bを透過し、信号光出力端子6を通過して出力される。希土類元素ドープ光ファイバ4cの出力光には、信号光成分の他に希土類元素ドープ光ファイバ4c中で発生したASE光成分が混入している。

【0174】光分岐器8bの第2の出力端子84bからの出力光は、光波長フィルタ11により信号光波長成分と信号光波長以外の波長成分に分離される。光波長フィルタ11の第1の出力端子116からは信号光波長成分が出力され、第1の受光器9bにより受光し、信号光出力レベルのモニタに用いる。

【0175】光波長フィルタ11の第2の出力端子117からは信号光波長以外の波長成分が出力され、第2の受光器9cにより受光する。これは、第2の受光器9cが、希土類元素ドープ光ファイバ4cから出力されたASEレベルをモニタしていることを意味する。

【0176】信号光出力レベルのモニタ結果とASE光レベルのモニタ結果は、故障判定回路20に伝達される。

【0177】信号光入力レベルが正常であり、希土類元素ドープ光ファイバ4cの増幅利得もまた正常な場合は、出力信号光レベルとASEレベルはそれぞれある初期レベルで安定する。

【0178】入力側の伝送路ファイバの異常により入力信号光レベルが低下した場合、出力信号光レベルは初期レベルよりも低下するが、ASE光レベルは初期レベルよりも増加する。

【0179】また、希土類元素ドープ光ファイバ4cの

利得が低下する異常が発生した場合には、出力信号光レベルは初期レベルよりも低下し、ASE光レベルもまた初期レベルよりも低下する。

【0180】上記のように、故障判定回路20においては、信号光出力レベルのモニタ結果とASE光レベルのモニタ結果を基に、信号光入力レベルの正常/異常、および希土類元素ドープ光ファイバ4cの利得の正常/異常を同時に判定することが可能である。

【0181】本実施の形態によれば、希土類元素ドープ光ファイバ4cからの出力信号光レベルとASEレベルをモニタすることにより、信号光入力レベルおよび希土類元素ドープ光ファイバの利得の正常/異常を判定することが可能である。

【0182】また、本実施の形態によれば、希土類元素ドープ光ファイバ4cの入力側には、信号光入力レベルをモニタするための光分岐器が必要ない。このため、光分岐器の挿入損失による約0.5dB~1dBの雑音指数の劣化が回避できる。

【0183】また、本実施の形態によれば、信号光経路に透過光波長を選択する光波長フィルタがないため、光ファイバ増幅器を多段に接続した場合に光波長フィルタの透過光波長のばらつきによる信号劣化が生じない。

【0184】上記のように、本実施の形態によれば、信号光入力レベルおよび希土類元素ドープ光ファイバ4cの利得の正常/異常を判定することが可能でありかつ低雑音でありかつ多段に接続した場合にも信号劣化が生じない光ファイバ増幅器が得られる。

【0185】上記実施の形態では、第1の光アイソレータ5aを信号光入力端子1と光合分波器3aの第1の端子31aの間に接続したが、光合分波器3aの第2の端子32aと希土類元素ドープ光ファイバ4cの間に接続した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0186】また、上記実施の形態では、第2の光アイソレータ5bを光分岐器8bの第1の端子82bと信号光出力端子6の間に接続したが、希土類元素ドープ光ファイバ4cと光分岐器8bの入力端子81bの間に接続した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0187】また、上記実施の形態では、光合分波器3aを第1の光アイソレータ5aと希土類元素ドープ光ファイバ4cの間に接続し励起光を信号光進行方向と同方向から希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力した場合を示したが、光合分波器3aを希土類元素ドープ光ファイバ4cと光分岐器8bの入力端子81bの間に接続し励起光を信号光進行方向とは逆方向から希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0188】また、上記実施の形態では、光合分波器3aを第1の光アイソレータ5aと希土類元素ドープ光ファイバ4cの間にのみ接続し、励起光を信号光進行方向と同方向から希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力し

た場合を示したが、第2の光合分波器を希土類元素ドーブ光ファイバ4cと光分岐器8bの入力端子81bの間に接続し第2の励起光源を第2の光合分波器に接続し、希土類元素ドーブ光ファイバ4cの両側から励起光を入力した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0189】実施の形態9、図9に本発明に係わる第9の実施の形態を示す。図において、1は信号光入力端子、5aは第1の光アイソレータ、2は励起光源、3aは光合分波器、31aは光合分波器3aの第1の端子、32aは光合分波器3aの第2の端子、33aは光合分波器3aの第3の端子、34aは光合分波器3aの第4の端子、4cは希土類元素ドーブ光ファイバ、8bは光分岐器、81bは光分岐器8bの入力端子、82bは光分岐器8bの第1の出力端子、84bは光分岐器8bの第2の出力端子、5bは第2の光アイソレータ、6は信号光出力端子、11は光波長フィルタ、115は光波長フィルタ11の入力端子、116は光波長フィルタ11の第1の出力端子、117は光波長フィルタ11の第2の出力端子、9bは第1の受光器、9cは第2の受光器、20は故障判定回路である。

【0190】次に動作について説明する。

【0191】信号光入力端子1から入力された信号光は、第1の光アイソレータ5aを透過し、光合分波器3aの第1の端子31aと第2の端子32a間を透過し、希土類元素ドーブ光ファイバ4cに入力される。

【0192】励起光源2より出力された励起光は、光合分波器3aの第3の端子33aと第2の端子32a間を透過した後、希土類元素ドーブ光ファイバ4cに入力され信号光の増幅エネルギーとして用いられる。

【0193】希土類元素ドーブ光ファイバ4c中で増幅され出力された信号光は、光分岐器8bの入力端子81bに入力され、大部分が第1の出力端子82bから出力され一部が第2の出力端子84bから出力される。

【0194】光分岐器8bの第1の出力端子82bからの出力光は、第2の光アイソレータ5bを透過し、信号光出力端子6を通過して出力される。希土類元素ドーブ光ファイバ4cの出力光には、信号光成分の他に希土類元素ドーブ光ファイバ4c中で発生したASE光成分が混入している。

【0195】光分岐器8bの第2の出力端子84bからの出力光は、光波長フィルタ11により信号光波長成分と信号光波長以外の波長成分に分離される。光波長フィルタ11の第1の出力端子116から信号光波長成分が出力され、第1の受光器9bにより受光し、信号光出力レベルのモニタに用いる。

【0196】光波長フィルタ11の第2の出力端子117からは信号光波長以外の波長成分が出力され、第2の受光器9cにより受光する。これは、第2の受光器9cが、希土類元素ドーブ光ファイバ4cから出力されたA

SEレベルをモニタしていることを意味する。

【0197】信号光出力レベルのモニタ結果とASE光レベルのモニタ結果は、故障判定回路20に伝達される。

【0198】信号光入力レベルが正常であり、希土類元素ドーブ光ファイバ4cの増幅利得もまた正常な場合は、出力信号光レベルとASEレベルはそれぞれある初期レベルで安定する。

【0199】入力側の伝送路ファイバの異常により入力信号光レベルが低下した場合、出力信号光レベルは初期レベルよりも低下するが、ASE光レベルは初期レベルよりも増加する。

【0200】また、希土類元素ドーブ光ファイバ4cの利得が低下する異常が発生した場合は、出力信号光レベルは初期レベルよりも低下し、ASE光レベルもまた初期レベルよりも低下する。

【0201】上記のように、故障判定回路20においては、信号光出力レベルのモニタ結果とASE光レベルのモニタ結果を基に、信号光入力レベルの正常/異常、および希土類元素ドーブ光ファイバ4cの利得の正常/異常を同時に判定することが可能である。

【0202】励起光源2からモニタPD出力などの動作状態情報が故障判定回路20に伝達され、故障判定回路20において励起光源2の正常/異常もまた同時に判定できる。

【0203】励起光源2に異常が生じた場合は、予備の励起光源に切り替えるなどの対策が取られる。

【0204】希土類元素ドーブ光ファイバ4cの利得が異常で励起光源2が正常な場合は、光合分波器3aもしくは希土類元素ドーブ光ファイバ4cにおいて断線などの障害が発生していることが分る。

【0205】本実施の形態によれば、希土類元素ドーブ光ファイバ4cからの出力信号光レベルとASEレベルと励起光源の動作状態をモニタすることにより、信号光入力レベルおよび希土類元素ドーブ光ファイバの利得および励起光源の正常/異常を同時に判定することが可能である。

【0206】また、本実施の形態によれば、希土類元素ドーブ光ファイバ4cの入力側には、信号光入力レベルをモニタするための光分岐器が必要ない。このため、光分岐器の挿入損失による約0.5dB~1dBの雑音指数の劣化が回避できる。

【0207】また、本実施の形態によれば、信号光経路に透過光波長を選択する光波長フィルタがないため、光ファイバ増幅器を多段に接続した場合に光波長フィルタの透過光波長のばらつきによる信号劣化が生じない。

【0208】上記のように、本実施の形態によれば、信号光入力レベルおよび希土類元素ドーブ光ファイバ4cの利得の正常/異常を判定することが可能でありかつ低雑音でありかつ多段に接続した場合にも信号劣化が生じ

ない光ファイバ増幅器が得られる。

【0209】上記実施の形態では、第1の光アイソレータ5aを信号光入力端子1と光合分波器3aの第1の端子31aの間に接続したが、光合分波器3aの第2の端子32aと希土類元素ドープ光ファイバ4cの間に接続した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0210】また、上記実施の形態では、第2の光アイソレータ5bを光分岐器8bの第2の端子82bと信号光出力端子6の間に接続したが、希土類元素ドープ光ファイバ4cと光分岐器8bの入力端子81bの間に接続した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0211】また、上記実施の形態では、光合分波器3aを第1の光アイソレータ5aと希土類元素ドープ光ファイバ4cの間に接続し励起光を信号光進行方向と同方向から希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力した場合を示したが、光合分波器3aを希土類元素ドープ光ファイバ4cと光分岐器8bの入力端子81bの間に接続し励起光を信号光進行方向とは逆方向から希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0212】また、上記実施の形態では、光合分波器3aを第1の光アイソレータ5aと希土類元素ドープ光ファイバ4cの間にのみ接続し、励起光を信号光進行方向と同方向から希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力した場合を示したが、第2の光合分波器を希土類元素ドープ光ファイバ4cと光分岐器8bの入力端子81bの間に接続し第2の励起光源を第2の光合分波器に接続し、希土類元素ドープ光ファイバ4cの両側から励起光を入力した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0213】実施の形態10. 図10に本発明に係わる第10の実施の形態を示す。図において、1は信号光入力端子、5a第1の光アイソレータ、8aは光分岐器、81aは光分岐器8aの第1の端子、82aは光分岐器8aの第2の端子、83aは光分岐器8aの第3の端子、84aは光分岐器8aの第4の端子、3aは光合分波器、31aは光合分波器3aの第1の端子、32aは光合分波器3aの第2の端子、33aは光合分波器3aの第3の端子、2は励起光源、4cは希土類元素ドープ光ファイバ、5bは第2の光アイソレータ、6は信号光出力端子、12は信号光波長除去フィルタ、9aは第1の受光器、9cは第2の受光器、10は励起光源制御回路である。

【0214】次に動作について説明する。

【0215】信号光入力端子1から入力された信号光は、第1の光アイソレータ5aを透過し、光分岐器8aの第1の端子81aに入力される。光分岐器8aの第1の端子81aから入力された信号光は、大部分が第2の端子82aから出力され一部が第4の端子84aから出力される。第2の端子82aからの出力と、第4の端子

84aからの出力の比は通常10dB程度である。

【0216】光分岐器8aの第2の端子82aからの信号光は、光合分波器3aの第1の端子31aと第2の端子32a間を透過し、希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力される。励起光源2より出力された励起光は、光合分波器3aの第3の端子33aと第2の端子32a間を透過し、希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力され信号光の増幅エネルギーとして用いられる。希土類元素ドープ光ファイバ4c中で増幅され出力された信号光は、第2の光アイソレータ5bを透過し、信号光出力端子6を通過して出力される。

【0217】光分岐器8aの第4の端子84aからの出力された信号光は、第1の受光器9aにより受光され信号光入力レベルのモニタに用いられる。

【0218】希土類元素ドープ光ファイバ4c中では信号光進行方向とは逆方向に進行するASE光が発生し、信号光入力側に出力される。上記出力光は光合分波器3aの第2の端子32aと第2の端子31a間を透過し、光分岐器8aの第2の端子82aに入力される。光分岐器8aの第2の端子82aに入力された光は、大部分が第1の端子81aから出力され一部が第3の端子83aから出力される。第1の端子81aからの出力と第3の端子83aからの出力の比は、第1の端子81aから入力した場合の第2の端子82aからの出力と第4の端子84aからの出力の比と同じであり、通常10dB程度である。

【0219】希土類元素ドープ光ファイバ4c中から信号光入力側に出力された出力光には、ASE光成分の他に微弱な信号光の反射成分がある。光分岐器8aの第3の端子83aからの出力光は、信号光波長成分除去フィルタ12により信号光波長成分が除去された信号光波長以外の波長成分すなわちASE光が出力される。上記ASE光は、第2の受光器9cにより受光されASE光レベルのモニタに用いられる。

【0220】希土類元素ドープ光ファイバ4cにおいては、信号光入力レベルが一定の場合は、増幅度が大きく信号光出力レベルが大きい場合は発生するASE光レベルも大きく、増幅度が小さく信号光出力レベルが小さい場合は発生するASEレベルも小さい。このため、第1の受光器9aより得られた信号光入力レベルと第2の受光器9cより得られたASE光レベルの関係から、希土類元素ドープ光ファイバ4cからの信号光出力レベルを知ることが可能である。

【0221】信号光入力レベルのモニタ結果とASE光レベルのモニタの結果は、励起光源制御回路10に伝達され、信号光入力レベルと出力レベルに応じて適切な増幅特性を得るように、励起光源2の駆動状態が制御される。

【0222】本実施の形態によれば、希土類元素ドープ光ファイバ4cの出力側には、信号光出力レベルをモニ

タするための光分岐器が必要ない。このため、光分岐器の挿入損失による約0.5 dB～1 dBの最大出力の低下が回避できる。

【0223】上記のように、本実施の形態によれば、最大光出力の低下のない光ファイバ増幅器が得られる。

【0224】上記実施の形態では、光合分波器3aを光分岐器8aと希土類元素ドープ光ファイバ4cの間に接続し励起光を信号光進行方向と同方向から希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力した場合を示したが、光合分波器3aを希土類元素ドープ光ファイバ4cと第2の光アイソレータ5bの間に接続し励起光を信号光進行方向とは逆方向から希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0225】また、上記実施の形態では、光合分波器3aを光分岐器8aと希土類元素ドープ光ファイバ4cの間にのみ接続し、励起光を信号光進行方向と同方向から希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力した場合を示したが、第2の光合分波器を希土類元素ドープ光ファイバ4cと第2の光アイソレータ5bの間に接続し第2の励起光源を第2の光合分波器に接続し、希土類元素ドープ光ファイバ4cの両側から励起光を入力した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0226】また、上記実施の形態では、信号光入力レベルと信号光出力レベルに応じて適切な増幅特性を得るように励起光源2の駆動状態を制御する場合について示したが、励起光源制御回路10のかわりに故障判定回路を用いて、入力信号レベルの正常／異常の判定および希土類元素ドープ光ファイバ4cの利得の正常／異常の判定を行う場合にも、同様の効果が得られる。

【0227】実施の形態11. 図11に本発明に係わる第11の実施の形態を示す。図において、1は信号光入力端子、8aは光分岐器、81aは光分岐器8aの入力端子、82aは光分岐器8aの第1の出力端子、84aは光分岐器8aの第2の出力端子、13は光サーキュレータ、131は光サーキュレータ13の第1の端子、132は光サーキュレータ13の第2の端子、133は光サーキュレータ13の第3の端子、3aは光合分波器、31aは光合分波器3aの第1の端子、32aは光合分波器3aの第2の端子、33aは光合分波器3aの第3の端子、2は励起光源、4cは希土類元素ドープ光ファイバ、5cは光アイソレータ、6は信号光出力端子、12は信号光波長成分除去フィルタ、9aは第1の受光器、9cは第2の受光器、10は励起光源制御回路である。

【0228】次に動作について説明する。

【0229】信号光入力端子1から入力された信号光は光分岐器8aに入力される。光分岐器8aの入力端子81aから入力された信号光は、大部分が第1の出力端子82aから出力され一部が第2の出力端子84aから出力される。第1の出力端子82aからの出力と第2の出

力端子84aからの出力の比は通常10 dB程度である。

【0230】光分岐器8aの第1の端子82aから出力された信号光は、光サーキュレータ13の第1の端子131に入力される。光サーキュレータ13においては、第1の端子131に入力された光は第2の端子132から出力され、第2の端子132に入力された光は第3の端子133から出力される。

【0231】光サーキュレータ13の第2の端子132から出力された信号光は、光合分波器3aの第1の端子31aと第2の端子32a間を透過し、希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力される。励起光源2より出力された励起光は、光合分波器3aの第3の端子33aと第2の端子32a間を透過し、希土類元素ドープ光ファイバ4cに入力され信号光の増幅エネルギーとして用いられる。希土類元素ドープ光ファイバ4c中で増幅され出力された信号光は、光アイソレータ5cを透過し、信号光出力端子6を通過して出力される。

【0232】光分岐器8aの第2の出力端子84aから出力された信号光は、第1の受光器9aにより受光され信号光入力レベルのモニタに用いられる。

【0233】希土類元素ドープ光ファイバ4c中では信号光進行方向とは逆方向に進行するASE光が発生し、微弱な信号光の反射成分とともに信号光入力側に出力される。上記出力光は光サーキュレータ13の第2の端子132と第3の端子133間を透過し、信号光波長成分除去フィルタ12により信号光波長成分が除去され、信号光波長以外の波長成分すなわちASE光のみが第2の受光器9cにより受光され、ASE光レベルのモニタとして用いられる。

【0234】希土類元素ドープ光ファイバ4cにおいては、信号光入力レベルが一定の場合は、増幅度が大きく信号光出力レベルが大きい場合は発生するASE光レベルも大きく、増幅度が小さく信号光出力レベルが小さい場合は発生するASEレベルも小さい。このため、第1の受光器9aより得られた信号光入力レベルと第2の受光器9cより得られたASE光レベルの関係より、希土類元素ドープ光ファイバ4cからの信号光出力レベルを知ることが可能である。

【0235】信号光入力レベルのモニタ結果とASE光レベルのモニタの結果は、励起光源制御回路10に伝達され、信号光入力レベルと出力レベルに応じて適切な増幅特性を得るように、励起光源2の駆動状態が制御される。

【0236】また、光サーキュレータ13は、希土類元素ドープ光ファイバ4c中で発生し信号光進行方向と逆方向に進行するASE光が入力側の伝送路ファイバに入力した場合に、伝送路ファイバ中のレイリー散乱による反射で希土類元素ドープ光ファイバ4cに再入力されて増幅特性を劣化させるのを防止している。このため、希

土類元素ドーブ光ファイバ4cの入力側に別の光アイソレータを接続する必要がない。

【0237】本実施の形態によれば、希土類元素ドーブ光ファイバ4cの出力側には、信号光出力レベルをモニタするための光分岐器が必要ない。このため、光分岐器の挿入損失による約0.5dBの最大出力の低下が回避できる。

【0238】上記のように、本実施の形態によれば、最大光出力の低下のない光ファイバ増幅器が得られる。

【0239】上記実施の形態では、光合分波器3aを光サーキュレータ13と希土類元素ドーブ光ファイバ4cの間に接続し励起光を信号光進行方向と同方向から希土類元素ドーブ光ファイバ4cに入力した場合を示したが、光合分波器3aを希土類元素ドーブ光ファイバ4cと光アイソレータ5cの間に接続し励起光を信号光進行方向とは逆方向から希土類元素ドーブ光ファイバ4cに入力した場合にも、同様の本実施の形態の効果が得られる。

【0240】実施の形態12. 図12に本発明に係わる第12の実施の形態を示す。図において、14は被測定光ファイバ増幅器、15は入力信号光、16は被測定光ファイバ増幅器14からの出力光、17は被測定光ファイバ増幅器14からの信号光入力側に出力される出力光、13は光サーキュレータ、131は光サーキュレータ13の第1の端子、132は光サーキュレータ13の第2の端子、133は光サーキュレータ13の第3の端子、18aは第1の波長特性測定手段である第1の光スペクトラムアナライザ、18bは第2の波長特性測定手段である第2の光スペクトラムアナライザ、19は演算回路である。

【0241】次に動作について説明する。

【0242】光サーキュレータ13においては、第1の端子131に入力された光は第2の端子132から出力され、第2の端子132に入力された光は第3の端子133から出力される。

【0243】入力信号光15は、光サーキュレータ13の第1の端子131から第2の端子132に透過し、被測定光ファイバ増幅器14に入力される。被測定光ファイバ増幅器14中では信号光が増幅されるとともにASE光が発生する。ASE光は、信号光出力側と信号光入力側に出力される。また、被測定光ファイバ増幅器14中の微弱な反射により、わずかではあるが信号光成分も信号光入力側に出力される。

【0244】被測定光ファイバ増幅器14の信号光出力側から出力された出力光は、第1の光スペクトラムアナライザ18aに入力される。第1の光スペクトラムアナライザ18aの測定結果から信号光出力レベルが算出され、被測定光ファイバ増幅器14の利得が計算可能である。

【0245】被測定光ファイバ増幅器14の雑音指数を

計算するために、第1の光スペクトラムアナライザ18aの測定結果からASE光レベルを算出する必要がある。しかし、上記第3の従来技術に記述のように、第1の光スペクトラムアナライザ18aの測定結果からは信号光成分とASE光成分が分離できないため、信号光波長と同一波長でのASE光レベルを直接測定することはできず、信号光波長から数ナノメートル離れた波長でのASE光レベルから推定算出しなければならず、測定誤差が大きくなってしまう。

【0246】被測定光ファイバ増幅器14の信号光入力側から出力された光は、光サーキュレータ13の第2の端子132から第3の端子133を透過し、第2の光スペクトラムアナライザ18bに入力される。第2の光スペクトラムアナライザ18bの測定結果においても信号光成分とASE光成分が分離できないが、信号光成分は微弱なため、信号光波長から0.2ナノメートル程度離れた波長でのASE光レベルから、信号光波長と同一波長でのASE光レベルを推定することができ、測定誤差は格段に小さくなる。

【0247】被測定光ファイバ増幅器14の信号光出力側と信号光入力側に出力されるASE光の波長特性は同一であるが、ASE光レベルは異なる場合があるため、第1の光スペクトラムアナライザ18aの測定結果と第2の光スペクトラムアナライザ18bの測定結果を演算回路19に伝達し、ASE光レベル差を補正して信号光出力側に出力される信号光波長と同一波長でのASE光レベルを精度良く推定する。

【0248】上記のように、本実施の形態によれば、雑音指数を精度良く算出可能な光ファイバ増幅器の増幅特性測定装置が得られる。

【0249】実施の形態13. 図13に本発明に係わる第13の実施の形態を示す。図において、14は被測定光ファイバ増幅器、15は入力信号光、16は被測定光ファイバ増幅器14からの出力光、17は被測定光ファイバ増幅器14からの信号光入力側に出力される出力光、8aは光分岐器、81aは光分岐器8aの第1の端子、82aは光分岐器8aの第2の端子、83aは光分岐器8aの第3の端子、18aは第1の波長特性測定手段である第1の光スペクトラムアナライザ、18bは第2の波長特性測定手段である第2の光スペクトラムアナライザ、19は演算回路である。

【0250】次に動作について説明する。

【0251】入力信号光15は、光分岐器8aの第1の端子81aから第2の端子82aを透過し、被測定光ファイバ増幅器14に入力される。被測定光ファイバ増幅器14中では信号光が増幅されるとともにASE光が発生する。ASE光は、信号光出力側と信号光入力側に出力される。また、被測定光ファイバ増幅器14中の微弱な反射により、わずかではあるが信号光成分も信号光入力側に出力される。

【0252】被測定光ファイバ増幅器14の信号光出力側から出力された出力光は、第1の光スペクトラムアナライザ18aに入力される。第1の光スペクトラムアナライザ18aの測定結果から信号光出力レベルが算出され、被測定光ファイバ増幅器14の利得が計算可能である。

【0253】被測定光ファイバ増幅器14の信号光入力側から出力された光は光分岐器8aの第2の端子82aに入力され、第1の端子81aと第3の端子83aに分岐される。光分岐器8aの第3の端子83aの出力光は第2の光スペクトラムアナライザ18bに入力される。第2の光スペクトラムアナライザ18bの測定結果においても信号光成分とASE光成分が分離できないが、信号光成分は微弱なため、信号光波長から0.2ナノメートル程度離れた波長でのASE光レベルから、信号光波長と同一波長でのASE光レベルを推定することができ、測定誤差は格段に小さくなる。

【0254】被測定光ファイバ増幅器14の信号光出力側と信号光入力側に出力されるASE光の波長特性は同一であるが、ASE光レベルは異なる場合があるため、第1の光スペクトラムアナライザ18aの測定結果と第2の光スペクトラムアナライザ18bの測定結果を演算回路19に伝達し、ASE光レベル差を補正して信号光出力側に出力される信号光波長と同一波長でのASE光レベルを精度良く推定する。

【0255】上記のように、本実施の形態によれば、雑音指数を精度良く算出可能な光ファイバ増幅器の増幅特性測定装置が得られる。

【0256】

【発明の効果】上記のようにこの発明の第1の発明に係る光ファイバ増幅器によれば、希土類元素ドープ光ファイバの入力側に光分岐器を設けることなく信号光入力レベルをモニタすることが可能であるとともに、信号光経路に透過光波長を選択する光波長フィルタがないため、雑音特性の劣化がなくかつ多段に接続した場合にも信号劣化を防止することが可能となる。

【0257】また、上記のようにこの発明の第2の発明に係る光ファイバ増幅器によれば、信号光入力レベル低下および希土類元素ドープ光ファイバ利得低下の故障判定において希土類元素ドープ光ファイバの入力側に光分岐器を設ける必要がないとともに、信号光経路に透過光波長を選択する光波長フィルタがないため、信号光入力レベルおよび希土類元素ドープ光ファイバ利得の正常／異常判定ができ、かつ雑音特性の劣化がなく、かつ多段に接続した場合にも信号劣化を防止することが可能となる。

【0258】また、上記のようにこの発明の第3の発明に係る光ファイバ増幅器によれば、希土類元素ドープ光ファイバの出力側に光分岐器を設けることなく信号光出力レベルをモニタすることが可能であるため、最大光出力

の低下を防止することが可能となる。

【0259】また、上記のようにこの発明の第4の発明に係る光ファイバ増幅器によれば、希土類元素ドープ光ファイバの出力側に光分岐器を設けることなく信号光出力レベルをモニタすることが可能であるため、最大光出力の低下を防止することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図2】 この発明の実施の形態2による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図3】 この発明の実施の形態3による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図4】 この発明の実施の形態4による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図5】 この発明の実施の形態5による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図6】 この発明の実施の形態6による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図7】 この発明の実施の形態7による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図8】 この発明の実施の形態8による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図9】 この発明の実施の形態9による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図10】 この発明の実施の形態10による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図11】 この発明の実施の形態11による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図12】 この発明の実施の形態12による光ファイバ増幅器の増幅特性測定装置のブロック構成図である。

【図13】 この発明の実施の形態13による光ファイバ増幅器の増幅特性測定装置のブロック構成図である。

【図14】 第1の従来例による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図15】 第2の従来例による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図16】 第3の従来例による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図17】 第4の従来例による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

【図18】 第5の従来例による光ファイバ増幅器のブロック構成図である。

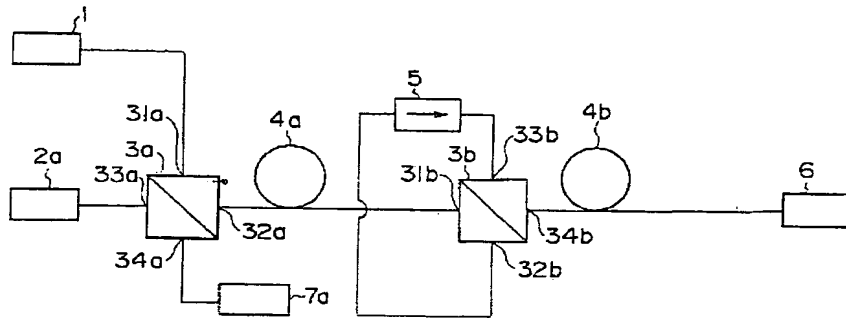
【符号の説明】

1 信号光入力端子、2, 2a, 2b 励起光源、3 a, 3b, 3c 光合分波器、4a, 4b, 4c 希土類元素ドープ光ファイバ、5, 5a, 5b 光アイソレータ、6 信号光出力端子、7a, 7b 無反射終端、8a, 8b 光分岐器、9a, 9b, 9c 受光器、10 励起光源制御回路、11 光波長フィルタ、12

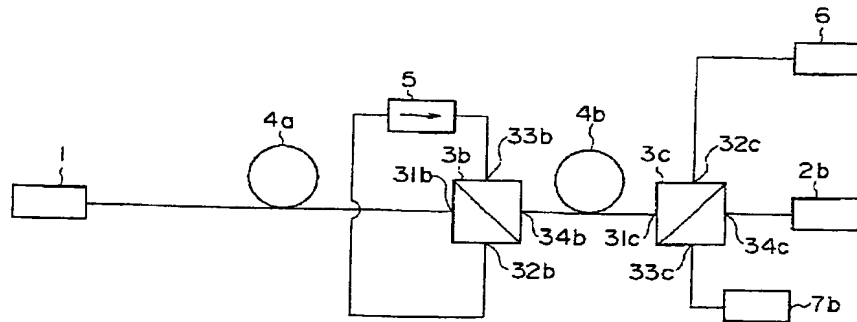
信号光波長除去フィルタ、13 光サーキュレータ、1  
4 被測定光ファイバ増幅器、18a、18b 光スペ

クトラムアナライザ、19 演算回路、20 故障判定  
回路。

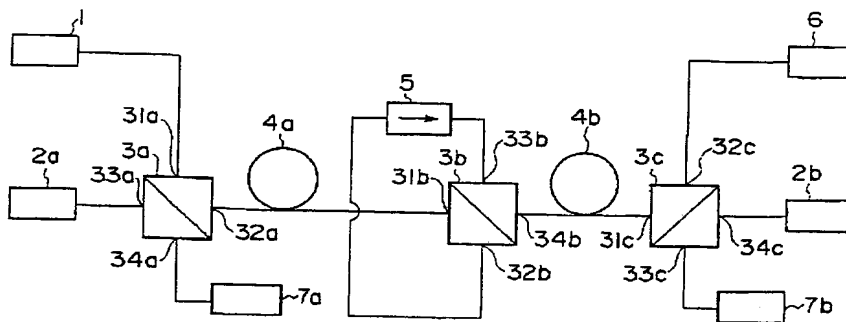
【図1】



【図2】

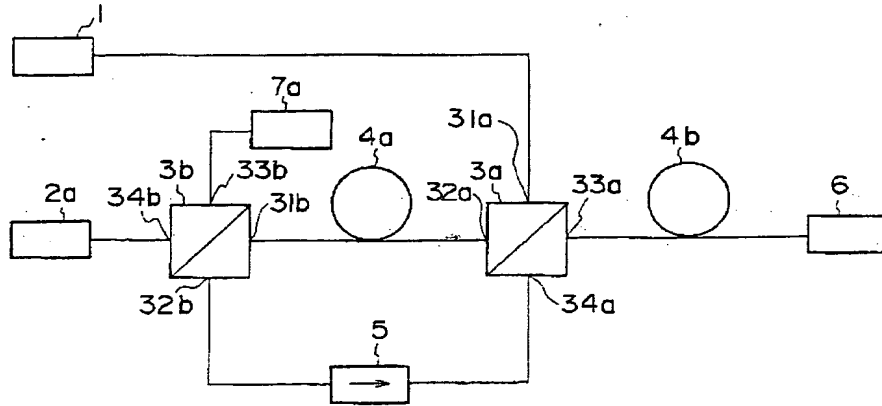


【図3】

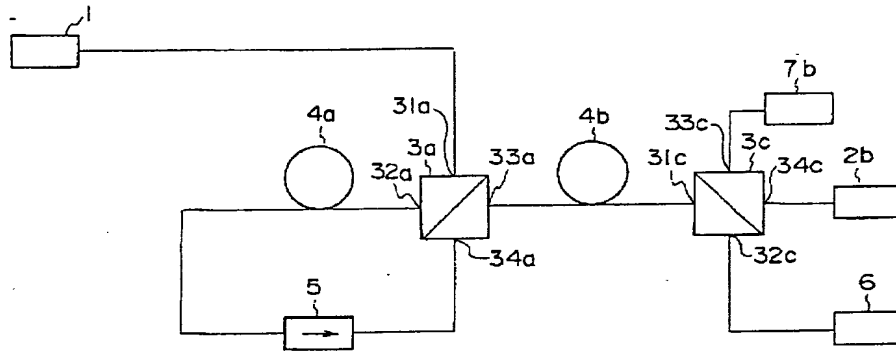




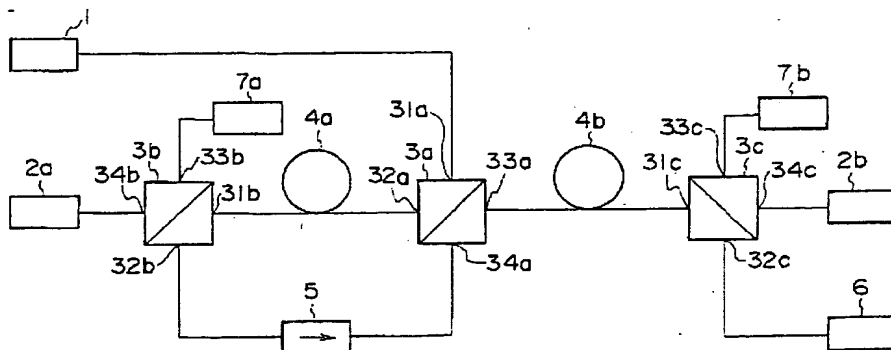
【図4】



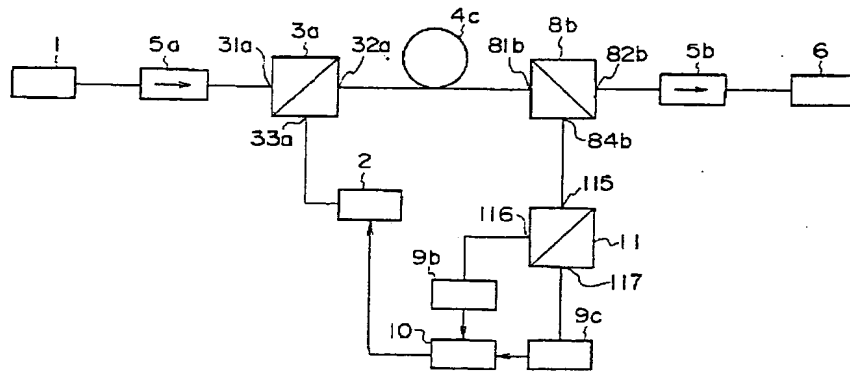
【図5】



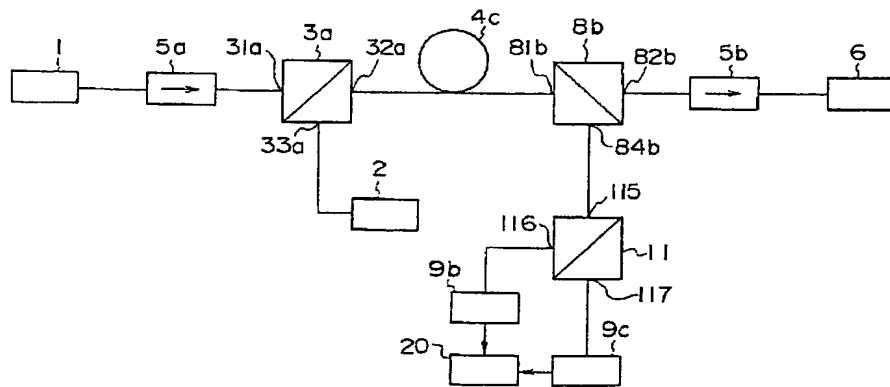
【図6】



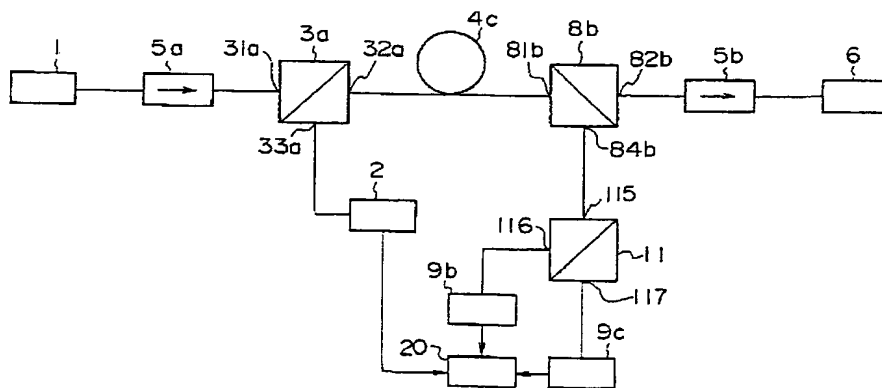
【図7】



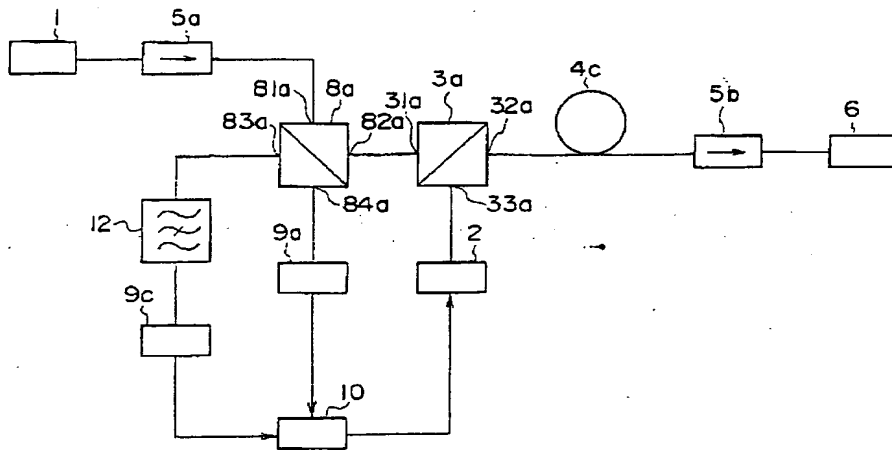
【図8】



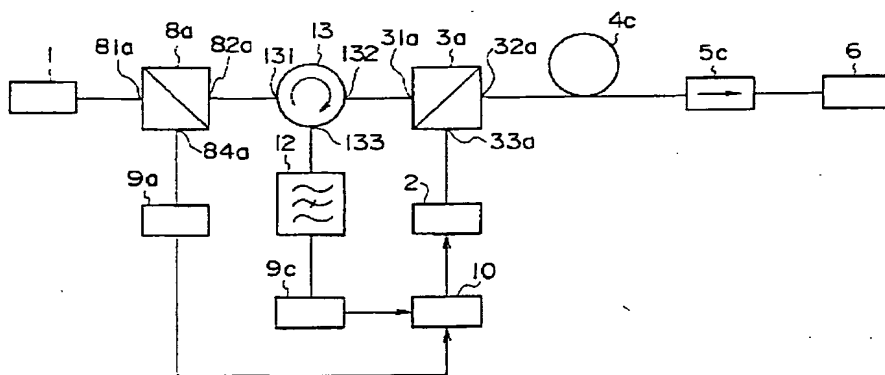
【図9】



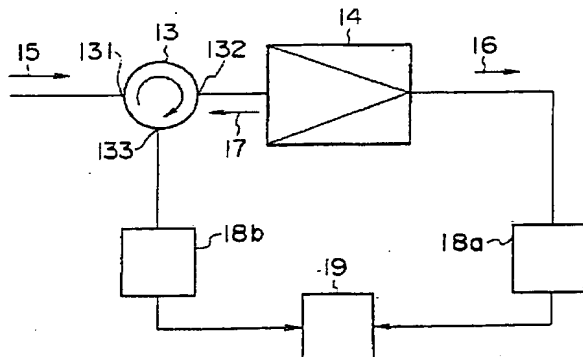
【図10】



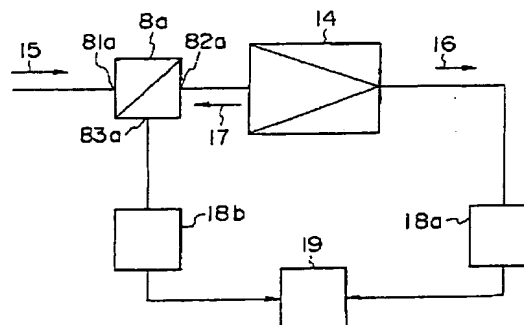
【図11】



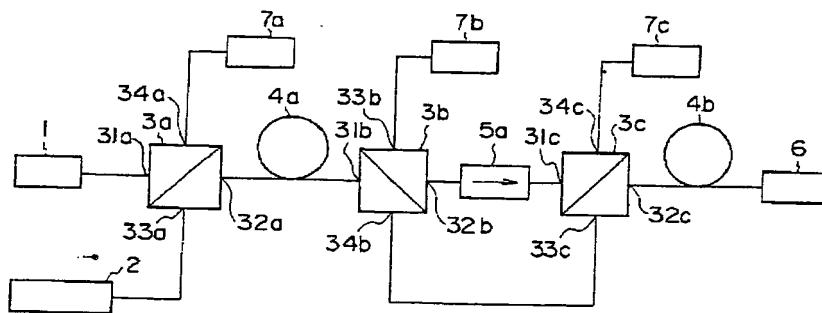
【図12】



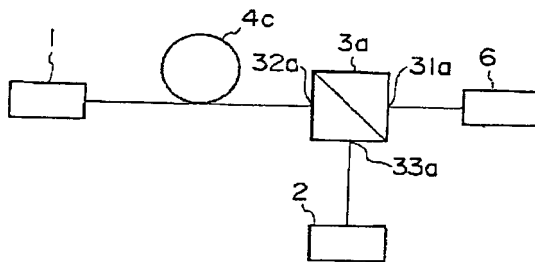
【図13】



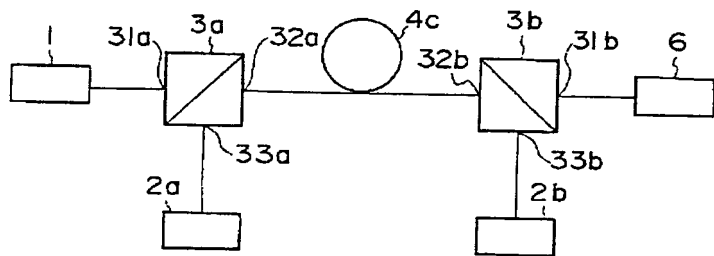
【図14】



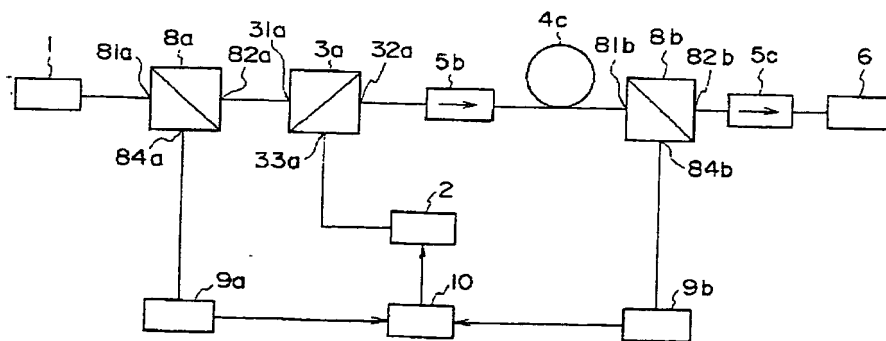
【図15】



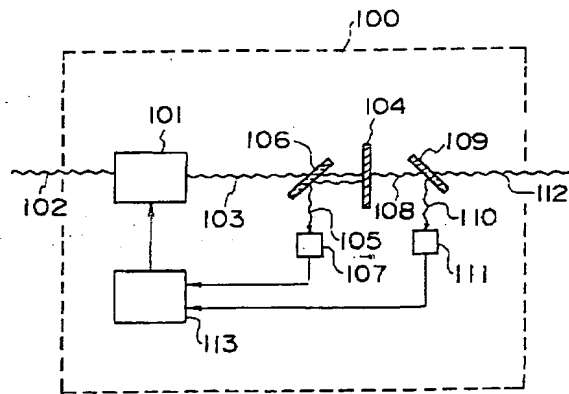
【図16】



【図17】



【図18】



100：光増幅装置、101：光増幅器、102：入力信号光  
103：増幅器出力光、104：狭帯域光フィルタ、  
105：反射光、106：光分岐ミラー、107：受光器、  
108：透過光、109：光分岐ミラー、110：分岐光、  
111：受光器、112：出力信号光、113：制御回路

**This Page Blank (uspto)**